

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA  
FACULTAD DE VETERINARIA  
DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y PRODUCCIÓN ANIMAL

***ANATOMÍA APLICADA DE LA CARA PALMAR  
DE LA REGIO COMPEDIS EN EL CABALLO  
DE DEPORTE ESPAÑOL***

*The idea of a good horse with poor legs is a misnomer, the legs are the essence of the horse, and every other part of the equine machine is of only subservient and tributary importance (Alexandre Liautard, 1835-1918)*

Trabajo presentado para aspirar al Grado de Doctor por la USC

Pablo Crecente Maseda

Lugo, septiembre de 2011

Ignacio Salazar Beloqui, catedrático de la Universidad de Santiago de Compostela con destino en la Facultad de Veterinaria de Lugo, departamento de Anatomía y Producción Animal, sección de Anatomía y Embriología, y Nieves Martín Alguacil, profesora titular de la Universidad Complutense de Madrid, con destino en la Facultad de Veterinaria, departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas,

INFORMAN: que el trabajo titulado “**Anatomía aplicada de la cara palmar de la *Regio compedis* en el caballo de deporte español**”, realizado por Pablo Crecente Maseda para aspirar al grado de Doctor por la USC, ha sido realizado bajo nuestra dirección.

Revisado el presente estudio quedamos conforme con su presentación para ser juzgado.

Lugo, septiembre de 2011

Ignacio Salazar

Nieves Martín

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis directores de tesis doctoral, especialmente a D. Ignacio Salazar. Huyendo de los tópicos, que deben adornar estos epígrafes en las tesis doctorales, sin su ayuda ésta no hubiera sido posible, demostrando en más de una ocasión una paciencia conmigo fuera de lo normal, ya que la convivencia de mi vida profesional como clínico y los estudios de postgrado no han sido muy fáciles. Por todo ello, mi más sincero agradecimiento.

Al personal docente e investigador y de administración y servicios del Departamento de Anatomía y Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de Lugo, de manera significada a Doña Natalia Vandenberghe, D. Pablo Sánchez y D. Jesús María Castineira por su desinteresada ayuda.

A Doña Isabel García Real, Doña Isabel Santiago y D. Jaime Goyoaga del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad Complutense de Madrid.

A D. Ramón Herrán, profesor asociado de la UCM y amigo por ser mentor como clínico veterinario.

A Doña Olga Seco, profesora asociada de la Universidad de Pensilvania por guiarme en la idea original.

A Doña Lara Rodríguez Miranda, veterinaria de mi Hospital por su generosa colaboración.

A mi mujer y a mis hijos, por haberles robado un poco de su tiempo para dedicárselo a este estudio.

## RESUMEN

En el presente trabajo, elaborado y presentado para optar al grado de doctor por la Universidad de Santiago de Compostela, se ha realizado un estudio anatómico de las fundamentales estructuras que integran el denominado tejido blando de la *Regio compedis* en el caballo de deporte español.

Un número indeterminado de extremidades aisladas, procedentes del matadero, se emplearon para realizar el estudio anatómico básico, que consistió en la disección por planos de la zona y en la obtención de cortes transversales seriados en congelación del área considerada. Por otro lado, un total de cincuenta y cuatro caballos adultos -machos, castrados y hembras- sin signos de lesión ni historial de cojeras se destinaron al análisis ecográfico, que incluyó el valor numérico del área de todas las estructuras analizadas. De cada ejemplar se tomaron los datos relativos a su alzada y peso, así como las medidas de la longitud, anchura y grosor de la primera falange. Independientemente de que se estableció la correspondiente correlación anatómica entre la disección, representación de los cortes seriados y la ecografía de los tendones de los músculos flexores digitales superficial y profundo, y ligamentos sesamoideos recto y oblicuos, con la base de datos obtenida se elaboraron las tablas al efecto y se realizó el análisis estadístico pertinente.

Los resultados obtenidos, presentados en esta memoria con profusión de imágenes para la parte de anatomía-ecografía y con tablas y gráficos para la parte estadística, ponen de manifiesto la complejidad anatómica de la cara palmar de la región compedal (cuartilla) del caballo, circunstancia que es ampliamente documentada y discutida con detalle.

## Significado de las abreviaturas empleadas en el texto, figuras, tablas y gráficos

1er Q	primer cuartil
3er Q	tercer cuartil
A	alzada
Anch	anchura
C	caso número
C.V	coeficiente de variación
CDE	caballo de deporte español
E	edad
Gros	grosor
Long	anchura
LSO	ligamento sesamoideo oblicuo
LSOb	ligamento sesamoideo oblicuo, nivel medio
LSOI	ligamento sesamoideo oblicuo, lateral
LSOIa	ligamento sesamoideo oblicuo, lateral, nivel proximal
LSOm	ligamento sesamoideo oblicuo, medial
LSOma	ligamento sesamoideo oblicuo, medial, nivel proximal
LSR	ligamento sesamoideo recto
LSRa	ligamento sesamoideo recto
LSRb	ligamento sesamoideo recto
LSRc	ligamento sesamoideo recto
Lss	punto confluencia ligamento sesamoideo oblicuo
Máx	máximo
Med	mediana
Mín	mínimo
MnFlx	<i>manica flexoria</i>
P	peso
PIA	nivel proximal primera falange
PIB	nivel medio primera falange
PIB	nivel distal primera falange
RMN	resonancia magnética nuclear
ScPr	<i>scutum proximale</i>
TFDP	tendón flexor digital profundo
TFDPa	tendón flexor digital profundo, nivel proximal
TFDPb	tendón flexor digital profundo, nivel medio
TFDPc	tendón flexor digital profundo, nivel distal
TFDS	tendón flexor digital superficial
TFDSa	tendón flexor digital superficial, nivel proximal
TFDSl	tendón flexor digital superficial, rama lateral
TFDSlb	tendón flexor digital superficial, rama lateral, nivel medio
TFDSlc	tendón flexor digital superficial, rama lateral, nivel distal
TFDSm	tendón flexor digital superficial, rama medial
TFDSmb	tendón flexor digital superficial, rama medial, nivel medio
TFDSmc	tendón flexor digital superficial, rama medial, nivel distal
$\sigma$	desviación típica

## **INDICE**

1. Introducción	1
2. Material y métodos	15
2.1. Material	16
2.1.1. Material biológico	16
2.1.1.1 Número de ejemplares	16
2.1.1.2. Características de la raza	16
2.1.2. Material de laboratorio	41
2.1.2.1. Material de disección	41
2.1.2.2. Lupa estereoscópica	41
2.1.2.3. Sierra mecánica	41
2.1.2.4. Calibrador y medidor	41
2.1.2.5. Aparato de rayos X	41
2.1.2.6. Ecógrafo	42
2.1.2.7. Equipo de resonancia magnética	42
2.1.2.8. Equipo de fotografía	45
2.1.2.9. Ordenadores	45
2.2. Métodos	46
2.2.1. Información general	46
2.2.2. Disección	47
2.2.3. Cortes en congelación	47

2.2.4. Radiografías	47
2.2.5. Ecografías	47
2.2.6. Análisis estadístico	48
2.2.7. Resonancia magnética nuclear	49
2.2.8. Manejo de imágenes	49
3. Resultados	50
3.1. Anatomía.	51
3.1.1. Disección.	51
3.1.2. Cortes en congelación.	53
3.1.3. Datos ecográficos.	53
3.2. Informe estadístico	56
3.2.1. Modelo factorial completo	57
3.2.2. Estadística descriptiva	64
3.2.3. Contraste de medias	65
3.2.4. Modelos de regresión	76
3.3. Resonancia magnética y ecografía	112
4. Discusión	113
5. Conclusiones	130
6. Bibliografía	133
7. Iconografía	150

## **1. INTRODUCCIÓN**



## **1. INTRODUCCIÓN**

En los países en los que las Facultades de Medicina y de Veterinaria gozan de prestigio, la Anatomía es considerada como una ciencia básica y fundamental en la formación de sus respectivos profesionales. Un exponente claro de la relevancia de la anatomía lo representa la exploración del paciente con fines diagnósticos. Cuando esto ocurre, exploración del paciente con fines diagnósticos, el conocimiento exhaustivo de la anatomía es imprescindible y es uno de los factores clave para orientar el diagnóstico de manera objetiva, rigurosa y fiable.

Tradicionalmente, el procedimiento de elección para estudiar anatomía y para hacer las demostraciones pertinentes ha sido, y en cierta manera sigue siendo, la disección del cadáver, lo que permite conocer con detalle la constitución y organización del cuerpo animal y, por extensión, la topografía y relación de sus distintos componentes (a partir de ahora las referencias se harán exclusivamente a la especialidad veterinaria). La disección ofrece la enorme ventaja de poder explorar el animal, prácticamente sin límites, tanto externa como internamente, pero presenta el inconveniente de que el cadáver está fijado para su conservación y por consiguiente hay pérdida en las características propias de los diferentes tejidos con respecto al animal vivo. El reconocimiento de la anatomía en el animal vivo se hace externamente por palpación de acuerdo con los datos que aporta la proyección topográfica, e internamente por diferentes y múltiples métodos que afortunadamente cada día son más numerosos, están más perfeccionados y son relativamente accesibles y comprensibles. En este sentido se pueden citar aquí desde los tradicionales métodos radiológicos y de sondaje/endoscopia hasta los más modernos y sofisticados basados en la utilización de marcadores con isótopos o de otra índole (ver más adelante).

El papel que desempeña la anatomía en cualquier rama o especialidad de la medicina se debe considerar primordial por lo tanto, si bien es cierto que en el estudio del aparato locomotor el conocimiento de la anatomía adquiere una relevancia especial. Se puede citar a manera de ejemplo, cómo prácticamente sin excepción los libros de texto dedicados a las cojeras del caballo (Liautard, 1888; Rooney, 1969; Adams, 1974; Stashak, 2002; Ross y Dyson, 2003) incluyen capítulos más o menos extensos, elaborados con mayor o menor acierto, relativos a los temidos “recuerdos anatómicos”, capítulos que a veces se disfrazan con otras denominaciones rimbombantes. En realidad estos apéndices no son otra cosa que explicaciones sesgadas de la propia anatomía de la región considerada.

En otro sentido hay que considerar que algunos textos de anatomía veterinaria (Getty, 1975; Nickel et al., 1986) dedican apartados exclusivos a las consideraciones generales de la biomecánica del aparato locomotor que explican con rigor las fuerzas musculares, tendinosas y ligamentosas que intervienen en la estática y dinámica de la locomoción y, en consecuencia, su lectura es altamente recomendable para todos aquellos que deseen adquirir explicaciones razonadas a la presentación de disfunciones de la marcha. El problema estriba en que para entender tales apartados se debe estudiar anatomía previamente.

La biomecánica de la locomoción en anatomía veterinaria incluye las siete especies de mamíferos domésticos que tradicionalmente se han estudiado en la profesión, es decir, el caballo (*Equus caballus*), la vaca (*Bos taurus*), la oveja (*Ovis aries*), la cabra (*Capra hircus*), el cerdo (*Sus scrofa domestica*), el perro (*Canis familiaris*) y el gato (*Felis catus*). En este grupo de animales, los carnívoros son digitígrados y el resto de las especies son ungulados, de los cuales las especies rumiantes y el cerdo pertenecen al orden

*Artiodactyla*, por la característica de que sus extremidades terminan en un número par de dedos, y el caballo es del orden *Perissodactyla* precisamente porque sus extremidades terminan en un número impar de dedos, al igual que ocurre con el tapir y el rinoceronte como únicos representantes del suborden *Ceratomorpha*. La diferencia entre las tres especies de animales perisodáctilos citados es que mientras el caballo solo tiene desarrollado el tercer dedo, el tapir y el rinoceronte están dotados de tres dedos de similares características. En definitiva, no debe extrañar que el caballo sea la especie animal que se toma como modelo o referencia cuando se trata la biomecánica en los mamíferos domésticos.

Un análisis pormenorizado de la biomecánica de la locomoción (Back y Clayton, 2000; Clayton, 2004) no tiene cabida en estas páginas, aunque se considera interesante hacer algunas matizaciones. En primer lugar convendría recordar que, contrariamente a lo que pudiera suponerse, la locomoción no es un fenómeno exclusivo de las extremidades sino que es el resultado de la actuación de una serie de fuerzas del conjunto de las estructuras que integran el cuerpo animal. Es decir, la locomoción en anatomía incluye el aparato locomotor como un todo. Por otro lado, como consecuencia de lo anterior, la locomoción debe necesariamente incluir la estática y la dinámica, o lo que es lo mismo el estudio del animal en la estación y en movimiento, por lo cual se justifica que en estudios de esta naturaleza se tenga que considerar inicialmente la construcción o arquitectura del tronco, a continuación la correspondiente a las extremidades y, finalmente, ensamblar ambas.

Uno de los ejemplos más utilizados para explicar la arquitectura del tronco consiste en compararle con la organización general de un puente, de acuerdo con la teoría elaborada por Slijper hace ya muchos años (Slijper, 1946) y que se sigue considerando bastante congruente (ver figura 1A). La bóveda del puente estaría

representada en esencia por las vértebras torácicas y lumbares con sus correspondientes ligamentos y músculos, mientras que la cuerda o base la integraría el esternón, la línea blanca y el músculo recto del abdomen. El puente estaría completado por un enrejado lateral integrado en este caso por las costillas, los músculos intercostales y de la pared torácica y la musculatura laminar del abdomen, y por sendas prolongaciones o voladizos en los que la cabeza y el cuello, y el sacro y las vértebras caudales, con sus correspondientes estructuras asociadas, serían sus componentes (ver figura 1B). Los voladizos mencionados cumplen con la misión de dar equilibrio al conjunto de la estructura, razón por la cual existe una desproporción clara en la consistencia entre ellos al estar desplazado el centro de gravedad. Finalmente, el puente queda completado por los pilares que vendrían definidos, en el símil de referencia, por las extremidades torácicas y pelvianas. El anclaje que se efectúa entre las extremidades y el tronco, es decir entre los pilares y el puente, se realiza de diferente manera: la extremidad pelviana se une al tronco a través de la pelvis por la articulación coxo-femoral o de la cadera, en tanto que la extremidad torácica lo hace mediante una sinsarcosis o, lo que es lo mismo, por una unión muscular en la que participan los denominados músculos del cinturón escapular, que son el trapecio cervical y torácico, omotransverso, braquiocefálico, pectoral superficial, pectoral profundo, dorsal ancho, serrato ventral cervical y torácico, romboideo cervical y torácico.

Un somero análisis de la biomecánica del aparato locomotor en el caballo determina, entre otras muchas cosas, la situación del centro de gravedad, que se localiza aproximadamente en la mitad de la costilla número doce (ver figura 1C), lo cual significa que el centro de gravedad está desplazado cranealmente. La consecuencia inmediata es que las extremidades torácicas se convierten en el mayor sostén del organismo ya que sobre ellas descansa un

porcentaje importante del peso del animal. Lógicamente, en la locomoción, con el caballo en movimiento, la situación del centro de gravedad se modifica, no solo de delante a atrás sino que también lo hace de lado a lado.

Ya que una región concreta de la extremidad torácica constituye el objetivo prioritario del presente estudio, a continuación se consideran cuestiones que necesariamente deben conducir a una mejor comprensión de la anatomía de la mano del caballo y de las consecuencias que esa configuración tan peculiar tiene en la locomoción. El primer detalle relevante ya ha sido mencionado puesto que concierne al modo de unión de la extremidad al tronco que se realiza mediante una sinsarcosis. En cuanto a la propia extremidad en sí, interesa destacar la disposición de ciertos músculos, tendones y ligamentos sobre las articulaciones de la extremidad. La proyección de los tendones de los músculos supraespinoso, infraespinoso y subescapular ejercen la función de ligamentos colaterales en la articulación escápulo-humeral o del hombro, por lo que limitan los movimientos que teóricamente esa articulación podría realizar -de acuerdo con sus características osteológicas y articulares- a los de extensión y flexión. Por otro lado, la constitución morfológica del músculo bíceps braquial y su disposición hace que este músculo sea un fijador de las articulaciones del hombro, del codo y del carpo en las fases de apoyo, debido fundamentalmente a su tendón de origen, que recorre el interior del músculo y con posterioridad una parte de él da lugar a la formación del *Lacertus fibrosus* que termina uniéndose al tendón del músculo extensor carpo radial. Otro potente músculo, el tríceps braquial, contribuye a inmovilizar la articulación del codo, en tanto que el músculo extensor digital común junto con el aparato suspensor del menudillo evitan sobre-extensiones, principalmente de la articulación metacarpo-falangiana. Finalmente, los dos músculos flexores de los dedos, superficial y profundo, participan en fijar las

articulaciones del codo, e indirectamente de la articulación carpiana por lo que, en combinación con los ligamentos palmares de la región, controlan la hiper-extensión. Obviamente, las citadas fuerzas mecánicas representadas por distintos músculos, tendones y ligamentos deben actuar con mayor intensidad en las diferentes modalidades de la locomoción del caballo -paso, trote, galope- y, en consecuencia, estarán sometidas a una mayor tensión o estrés.

Desde un punto de vista exclusivamente anatómico, es decir desde el conocimiento de la constitución y organización de la extremidad torácica del caballo, se llega al convencimiento de que la parte de la extremidad más expuesta y, por lo tanto, más vulnerable es la mano (ver figuras 2A y 2B), por dos razones principales: porque en la mano no hay ningún tipo de protección muscular, y porque el único dedo desarrollado y de apoyo debe soportar y amortiguar el peso del animal en la estación y en el movimiento. Tradicionalmente, los especialistas han mantenido que el músculo interóseo medio y el tendón del músculo flexor digital superficial son las estructuras de la mano del caballo que más posibilidades tienen de lesionarse (Denoix, 1994a; Dowling y Dart, 2005), circunstancia que confirman estudios clínicos realizados al efecto (Williams et al., 2001; Ely et al., 2004; Kasashima et al., 2004; Perkins et al., 2005; Murray et al., 2006a; Butcher et al., 2007; Avella et al., 2009; Ely et al., 2009; O'Meara et al., 2010; Thorpe et al., 2010). En los comentarios concernientes a la anatomía no se incluyen referencias bibliográficas concretas porque todos los datos están recogidos en los libros de texto y atlas editados y publicados sobre el tema (Habel, 1973; Getty, 1975; Sack y Habel, 1977; Zietzschmann et al., 1977; Berg, 1978; Barone, 1980; Nickel et al., 1986; Ashdown y Done, 1987; Popesko, 1998; Agüera y Sandoval, 1999; Riegel, 2003; König y Liebich, 2004; Budras et al., 2005; Clayton et al., 2007; Dyce et al., 2007) e incluso la consulta de la *Nomina Anatomica Veterinaria Illustrada* (Schaller, 1992) podría ser

suficiente para aclarar algunos aspectos de los tratados con anterioridad.

Afortunadamente, el avance tecnológico ha permitido que la biomecánica -realizada preferentemente por anatomistas veterinarios tradicionales- pueda ser analizada desde hace ya algunos años con otros procedimientos, si bien hay que resaltar que las conclusiones a las que se llegan son muy similares a las definidas previamente, aunque las versiones nuevas ofrecen resultados más elaborados y mejor fundamentados.

Cuando se trata de estudiar el movimiento por métodos cinemáticos en la actualidad se acude al uso de diferentes sistemas videográficos, optoelectrónicos, giniométricos, electromiográficos y otros, aunque los más utilizados son cualesquiera derivados del primero de ellos (Denoix, 1989; Schamhardt et al., 1993). Las alternativas que ofrecen los métodos videográficos son numerosas dependiendo de varios factores y, desde luego, del hardware y software que se empleen. No obstante, en esencia, la videografía cinemática está basada en una serie de principios entre los que se mencionan a continuación los siguientes: colocación de marcadores cutáneos en puntos concretos de la anatomía del caballo, instalación y adecuación de un lugar apropiado para hacer las grabaciones, disposición de un sistema de grabación acorde con las finalidades que se pretendan, tratamiento adecuado de las imágenes obtenidas (Pourcelot, 1999). Lógicamente existen distintas casas comerciales, con implantación internacional, que ofrecen al usuario una amplia gama de posibilidades para llevar a cabo los objetivos que se persigan y que incluyen grabaciones y análisis tanto en dos como en tres dimensiones. La consulta de catálogos o páginas web de las empresas especializadas da información pormenorizada de los sistemas y de sus aplicaciones.

De cualquier forma, un punto que es considerado crítico por los expertos atañe a la correcta colocación de los marcadores, que se hará teniendo en cuenta el propósito que se persiga (ver figuras 3A, 3B, 3C). Decidido éste, la situación de las marcas debe realizarse con gran precisión y ser repetitiva, por lo cual el conocimiento preciso de la anatomía del caballo es una condición *sine qua non*. Diversos aspectos relativos a los marcadores han sido tratados desde distintos puntos de vista ya hace tiempo y la bibliografía sobre el particular es extensa, con algunos ejemplos sobresalientes (Back et al., 1994, 1995; van Weeren et al., 1990; Licka and Peham, 1998; Nicodemns et al., 1999; Pourcelot, 1999; Lanovaz et al., 2002).

En la misma línea del avance tecnológico se inscriben las enormes posibilidades que ofrecen las técnicas de imagen utilizadas para mostrar las diferentes estructuras que integran el cuerpo humano o animal, es decir para evidenciar la anatomía del sujeto sano y por esa vía hacer las comparaciones pertinentes con los pacientes que se sospecha padecen enfermedad o lesión, y establecer el diagnóstico adecuado cuando sea posible. Lamentablemente, en veterinaria no existen tratados completos que faciliten información rigurosa sobre el tema que nos ocupa como sucede en la especie humana (Weir, 2004; Fleckenstein y Trantum-Jensen, 2008). Esta circunstancia es debida, entre otras razones, al número de especies animales que son objeto de estudio en la profesión y, sobre todo, a las limitaciones de ciertos equipamientos cuando se trata de aplicar determinadas técnicas a las grandes especies, equinos y bovinos. Sin embargo, todas las mal denominadas “técnicas de diagnóstico por imagen” se van incorporando en los estudios de veterinaria, de manera preferente en los animales de compañía por excelencia, perro y gato, y por supuesto en los caballos (Denoix, 1994b; Farrow, 2005).



Puede considerarse que hasta la década de los setenta del siglo pasado la radiología era la única técnica disponible en la especialidad equina (Schebitz y Wilkens, 1978) con la ulterior introducción de constantes mejoras (Dik y Gunsser, 2002) hasta llegar a la radiología digital. Las técnicas radiográficas como tales son excelentes aunque presentan el inconveniente de que no son capaces de evidenciar el tejido blando, excepto en los casos de estructuras tubulares que son susceptibles de inyectarse y, por consiguiente, visualizar por contraste. No es de extrañar, por tanto, que se hiciese imperativo aplicar otras metodologías -que ya habían sido previamente evaluadas en la especie humana- a la profesión veterinaria y en concreto a la especialidad equina. Resultado de todo ello ha sido el extraordinario avance experimentado en los últimos años en cuanto a las posibilidades de visualizar tejido óseo y tejidos blandos en el animal vivo.

A pesar de las dificultades mencionadas con anterioridad y a ciertas limitaciones técnicas, el trabajo, la dedicación y la perseverancia de ciertos profesionales ha hecho posible contar con guías fiables en cuanto a las técnicas de ecografía (Rantanen y McKinnon, 1998; Reef, 1998; Reimer, 1998; Dik, 2000), de escintigrafía (Dyson et al., 2003b) y de resonancia magnética nuclear (RMN) (Elliot y Skeritt, 2007; Murray, 2011), aunque todavía existen problemas para tener información similar en cuanto a la tomografía axial computerizada y a la termografía. El equipamiento utilizado en la tomografía axial computerizada y las dificultades que ofrece su uso, manejo del animal y anestesia general, hace que esta técnica esté reservada a los grandes hospitales veterinarios, como es el caso por ejemplo del *Equine Clinical Services* de la Facultad de Medicina Veterinaria de Davis, California, o la sección de caballos del *Animal Health Trust* de Newmarket, UK. Es cierto que la misma o parecida problemática que presenta la tomografía es común a la RMN pero la

calidad de las imágenes y la información que aporta esta última con respecto a la anterior hace que los inconvenientes tengan compensaciones profesionales y técnicas.

Interesa destacar que dos centros de referencia internacional, tanto en el estudio de la biomecánica del caballo como en la aplicación de técnicas por imagen, están dirigidos por catedráticos de Anatomía Veterinaria. El profesor Jean Marie Denoix está en activo y es el responsable de la dirección del *Centre d'Imagerie et de Recherche sur les Affections Locomotrices Equines* (CIRALE) en Francia, y la profesora Hilary Clayton que desempeña su labor actualmente en el *McPhail Dressage Chair in Equine Sport Medicine*, Department of Large Animal Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, Michigan en Estados Unidos, fue durante 15 años catedrática de Anatomía Veterinaria en la Universidad de Saskatchewan, en Canadá.

Como se ha relatado con anterioridad, los estudios biomecánicos apuntan a que las manos del caballo son las regiones más vulnerables y, por consiguiente, las partes de la anatomía del animal responsables del porcentaje más elevado de presentación de cojeras. Por lo tanto, es lógico que los profesionales veterinarios, anatomistas o clínicos, intenten conocer y exponer esa morfología de la mejor manera posible, incluyendo obviamente la tecnología disponible hoy en día. En definitiva de lo que se trata es de facilitar información y datos objetivos de las distintas estructuras que componen, en este caso, la mano del caballo para, a continuación, tener bases suficientes para establecer un diagnóstico sólido. En ese sentido, la tendencia que se sigue en la actualidad es ofrecer ese tipo de información de acuerdo con una combinación de las tres técnicas que se están demostrando como más relevantes: la radiología, la

ecografía y la RMN, sobre lo cual la bibliografía es extensa pero destaca sobre manera la obra del profesor Denoix (Denoix, 2002).

Se debe señalar que la utilización de técnicas combinadas es una práctica que está reservada a los grandes hospitales equinos y centros de investigación, donde se pueden llevar a cabo las técnicas consideradas hoy en día como convencionales en clínica equina (los profesionales clínicos que diariamente ejercen su actividad disponen por lo general de un aparato de rayos X y un ecógrafo, equipamiento suficiente para enfocar un diagnóstico sensato), como son la radiografía y ecografía, y las técnicas más específicas, como la RMN, la escintigrafía y la tomografía computerizada (ver figura 4).

Teniendo en cuenta todas las premisas anteriores, es el momento de especificar el objetivo del presente trabajo que es doble. Por un lado, consiste en estudiar el tejido blando –tendones y ligamentos- de la cara palmar de la región compedal en el caballo de deporte español. Para este fin la anatomía clásica de la zona seleccionada se completará por un detenido análisis ecográfico y, adicionalmente, la región de referencia se ilustrará con imágenes relativas a la ecografía y a la RMN, de manera combinada. Por lo tanto se pretende que los estudios realizados, y la información que de ellos se derive, sean de utilidad a los profesionales especializados en équidos. Con el fin de que la citada información fuese lo más objetiva posible, en cada uno de los caballos examinados se tomaron determinadas medidas tales como la alzada y el peso del animal, así como las relativas a la longitud, el grosor y la anchura de la primera falange para establecer las correlaciones a que diese lugar.

Habitualmente, el método seleccionado para estudiar el tejido blando de la mano del caballo *in vivo* es la ecografía ya que desde la década de los ochenta del pasado siglo existen demostraciones suficientes sobre la utilidad de este método y, por supuesto, desde

que se dispusiera de una información fidedigna (Rantanen, 1982; Spaulding, 1984; Genovese et al., 1986). La información bibliográfica existente al respecto es extensa para cada una de las regiones de la mano del caballo por lo cual se hará una selección de algunas citas que, precisamente por ser ejemplos entre muchos, no puede ser exhaustiva. Por razones obvias, la región de la mano mejor estudiada en el caballo es la que corresponde a la cara palmar del metacarpo, en donde músculos, tendones y ligamentos constituyen un potente y sofisticado dispositivo de sujeción de la extremidad. Con independencia de los capítulos de libros que se han citado con anterioridad se recogen, para la región metacarpiana, trabajos que abarcan diversas estructuras asociadas a la región (van Schie y Bakker, 2000; Pickersgill et al., 2001; Murray et al., 2004; Dyson et al., 2005; Edinger et al., 2005; Brokken et al., 2007; Coudry et al., 2008; Owen et al., 2008; Chesen et al., 2009; Boehart et al., 2010a, 2010b; Meghoufel A et al., 2010; Schramme et al., 2010; Bosch et al., 2011).

La articulación metacarpo-falangiana o del menudillo es una zona igualmente crítica en el apoyo de la extremidad, sobre la que recientemente se ha publicado un muy interesante trabajo de revisión (Vanderperren y Saunders, 2009), pero hay también otras referencias señeras entre un abanico enorme (Steyn et al., 1989; Dik et al., 1991; Denoix et al., 1996 y 1997; Redding, 2001).

Lógicamente la articulación interfalangiana distal es el tercer punto al que se le dedica atención prioritaria, donde el hueso sesamoideo distal, o hueso navicular, y las correspondientes estructuras asociadas hace que al conjunto se le describa con el nombre genérico de "aparato podotroclear" que, desde luego ha sido motivo de numerosos estudios (Busoni y Denoix, 2001; Busoni et al., 2004; Grewal et al., 2004; Piccot-Crézollet et al., 2005; Dyson y Murray, 2007a y 2007b).

En relación con los trabajos publicados concernientes a la cara palmar del metacarpo, articulación metacarpo-falangiana y articulación interfalangiana distal, se acaba de indicar que se ha hecho mención únicamente a algunas de las numerosísimas referencias que existen. Para el caso particular de la región compedal, motivo del presente estudio, se recogen todas las citas publicadas (encontradas) hasta la fecha (McClellan y Dolby, 1986; Denoix et al., 1991 y 1993; Dyson, 1992; Dyson y Denoix, 1995; McDiarmid, 1995; Reimer, 1997; Whitcomb, 2004), publicaciones que se comentarán en el capítulo correspondiente de la discusión.

**OBJETIVO Y FUNDAMENTO DEL TRABAJO.** Como se ha mencionado con anterioridad, el objetivo concreto del presente trabajo consiste en estudiar el tejido blando –tendones y ligamentos– de la cara palmar de la región compedal en el caballo de deporte español. El fundamento del mismo es ofrecer datos objetivos que puedan ser de utilidad a los profesionales veterinarios especializados en clínica equina. Se completa el trabajo con un estudio estadístico relativo tanto a las medidas de superficie del tejido y blando como a la relación de ellas con otros parámetros considerados.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL

#### 2.1.1. Material biológico.

##### 2.1.1.1 Número de ejemplares

Un total de 54 caballos adultos (más de 4 años de edad) pertenecientes a la raza caballo de deporte español (CDE) (Figura 5), machos, castrados y hembras, sin signos de lesión y sin historial de cojeras, así como un número indeterminado de extremidades procedentes del matadero se han empleado para llevar a cabo el presente estudio. El estudio ecográfico se realizó con la correspondiente toma de imágenes y posterior medida del tejido blando de la zona considerada. Dos ejemplares se emplearon para la obtención de los datos relativos a RMN. A cada uno de los 54 caballos utilizados se le hizo la correspondiente ficha, en la que constaba el sexo y la edad, el peso y la alzada, y la medida de su primera falange tomada para longitud, grosor y anchura.

##### 2.1.1.2 Características de la raza

El CDE es una raza de reciente creación y, como se verá a continuación en la transcripción literal oficial redactada por el antiguo ministerio de Agricultura y Pesca, el CDE no es una raza en sí misma sino más bien una necesidad de incluir bajo una denominación propia caballos del territorio nacional. En relación con el citado reclamo, se constituyó la Asociación Nacional de Criadores del Caballo de Deporte Español (ANCADES) que se ocupa oficial y administrativamente de todo lo concerniente al CDE.

***Orden APA/3318/2002, de 23 de diciembre, por la que se establecen las normas zootécnicas del Caballo de Deporte Español.***

*Las condiciones zootécnicas y genealógicas que regulan los intercambios comunitarios de équidos fueron incorporadas a nuestro Ordenamiento Jurídico a través del Real Decreto 1133/2002, de 31 de octubre, por el que se regula en el ámbito de las razas equinas el régimen jurídico de los libros genealógicos, las asociaciones de criadores y las características zootécnicas de las distintas razas, que afecta tanto a las razas puras como a los équidos registrados, siempre que cumplan los requisitos de identificación y registro previstos en la citada normativa.*

*El caballo es una producción ganadera que presenta múltiples aptitudes, pero actualmente, una de sus principales utilidades es el deporte, cuyo desarrollo exige un plan de actuación orientado a mejorar los resultados de las competiciones ecuestres, para lo cual el prototipo racial no es un parámetro decisivo, pues a diferencia de las razas catalogadas como razas puras, donde el objetivo fundamental es el mantenimiento y la acreditación de esta pureza, en los équidos de deporte, se persigue una selección de los ejemplares más competitivos en las diversas disciplinas hípicas, con el fin de transmitir estos caracteres a sus descendientes y mejorar las futuras generaciones.*

*Para conseguir esta meta, resulta imprescindible la inscripción de estos animales en un libro genealógico y la definición de las condiciones que deben cumplir para su registro, a los efectos de permitir por un lado, garantizar las genealogías y por otro lado, optimizar los cruzamientos, para que en el marco de la reglamentación oficialmente establecida, los criadores puedan adaptar su programa de cría a las demandas del mercado.*

*Por otro lado, para poder competir en eventos de carácter internacional y según marcan las organizaciones internacionales, en este caso, la Federación Mundial de Caballos Deportivos (WBFSH), que se admite como organismo de referencia, para homologar las condiciones del registro de caballos de deporte y para la participación en los concursos internacionales, es necesario que estos animales estén inscritos en libros genealógicos reconocidos, por lo que con la presente disposición, se cubre ese vacío legal y se crea la normativa específica del Caballo de Deporte Español.*

*La presente disposición presenta un carácter eminentemente técnico y se dicta al amparo de la disposición final primera del Real Decreto 1133/2002, de 31 de octubre. En su tramitación han sido consultadas las entidades representativas del sector, el Ministerio de Defensa y las Comunidades Autónomas.*

*En su virtud, dispongo:*

**Artículo 1. Objeto.**



*La presente Orden ministerial tiene por objeto establecer las condiciones zootécnicas del libro genealógico del Caballo de Deporte Español.*

**Artículo 2.** *Aprobación de normativa.*

*Queda aprobada la normativa del Caballo de Deporte Español que figura en el anexo de la presente disposición.*

**DISPOSICIÓN FINAL.** *Entrada en vigor.*

*La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.*

*Madrid, 23 de diciembre de 2002.*



*Arias Cañete.*

**ANEXO.**

**Caballo de Deporte Español.**

**1. Definición**

*Se define como Caballo de Deporte Español al équido inscrito al nacimiento como CDE en el libro genealógico según el siguiente cuadro de formación:*

	P.S.I	P.R.a	A-a	H-a	P.R.E	T.E	MALL	MEM	C.D.Ex.	C.D.E
P.S.I				CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
P.R.a						CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
A-a				CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
H-a	CDE		CDE			CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
P.R.E	CDE		CDE			CDE	CDE	CDE	CDE	CDE
T.E	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE		CDE	CDE	CDE	CDE
MALL	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE		CDE	CDE	CDE
MEN	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE		CDE	CDE
C. D. Ex	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE		CDE
C.D.E	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE	CDE

*P.S.I: Pura Sangre Inglés.*

*P.R.a: Pura Raza Árabe.*

*A-a: Anglo-árabe.*

*H-a: Hispano-árabe.*

*P.R.E: Pura Raza Española.*

*MALL: Mallorquín.*

*MEN: Menorquín.*


*T.E Trotador Español.*

*C.D.Ex: Caballo de Origen Extranjero inscrito en Libros Genealógicos reconocidos por la World Breeding Federation for Sport Horses (WBFSH).*

## **2. Registro Fundacional**

*El Registro Fundacional incluirá a todos los équidos definidos como CDE en el cuadro de formación, que hayan nacido a partir del 1 de enero de 1998 y hayan cumplimentado las condiciones de inscripción en el Libro o todos aquellos nacidos a partir del 1 de enero de 1992, que estén identificados y además tengan sus padres identificados por marcadores genéticos o vivos.*

*Este Registro comprenderá los siguientes subregistros:*

- *Registro Fundacional de nacimientos, en el que se incluirán todos los productos inscritos a título de ascendencia, cuyos progenitores esten en el cuadro de formación o uno de sus progenitores proceda del Registro Auxiliar.*
- *Registro Fundacional de reproductores, en el que se incluirán a todos aquellos caballos y yeguas que hayan tenido producción de CDE y aquellos importados que estén inscritos al nacimiento en un libro genealógico de caballo deportivo de otro país.*
-  *Registro Fundacional Auxiliar, para aquellos no inscritos en ningún libro o de origen parcialmente desconocido, excluidos los poneys y las razas traccionadoras o de tiro, que en base a los buenos resultados de competiciones, se autorizan para producir CDE, si se cruzan con animales pertenecientes al Registro Fundacional de reproductores y que serán considerados factores de CDE. Se podrán incorporar a este subregistro, aquellos animales que dispongan de carta genealógica de cruzado expedida por el organismo autónomo Fondo de Explotación de los Servicios de Cría Caballar y Remonta o aquellos ejemplares producto del cruce de los mismos.*

*El Registro Fundacional quedará cerrado el 31 de diciembre del año 2004 y una vez cerrado dará paso al Libro Genealógico, que tendrá los registros del siguiente apartado 3.*

## **3. Libro genealógico**

*Este libro comprenderá los siguientes Registros: Registro de Nacimientos, para la inclusión de todos los productos CDE que cumplan las condiciones de inscripción a título de ascendencia.*

*Registro Principal de reproductores, para todos los ejemplares CDE de tres años que proceden del registro de nacimientos.*

*Registro Auxiliar, para aquellos no inscritos en ningún libro o de origen parcialmente desconocido, excluidos los poneys y las razas traccionadoras o de tiro, que en base a los buenos resultados de competiciones, se autorizan para producir CDE, si se cruzan con animales pertenecientes al Registro Principal y que serán considerados factores de CDE.*

*Registro de Méritos, para aquellos équidos con resultados sobresalientes en las competiciones.*

#### **ANEXOS:**

***Apartado 1 (cuadro de formación: siglas C.D.E. en el cruce de P.R.a con P.R.E.):*** Suprimido por Orden APA/1646/2004, de 26 de mayo, por la que se modifica el anexo de la Orden APA/3318/2002, de 23 de diciembre, por la que se establecen las normas zootécnicas del caballo de deporte español.

***Apartado 2 (Registro Fundacional Auxiliar):*** Redacción según Orden APA/1646/2004, de 26 de mayo, por la que se modifica el anexo de la Orden APA/3318/2002, de 23 de diciembre, por la que se establecen las normas zootécnicas del caballo de deporte español.

***Apartado 3 (cuadro de formación: cruce C.D.Ex con C.D.Ex):*** Véase segundo punto del artículo único de la Orden APA/1646/2004, de 26 de mayo, por la que se modifica el anexo de la Orden APA/3318/2002, de 23 de diciembre, por la que se establecen las normas zootécnicas del caballo de deporte español.

El mismo ministerio estableció en su momento el “Esquema de selección del caballo de deporte español” que igualmente se transcribe a continuación.

[http://www.mapa.es/es/ganaderia/pags/equino/seleccion/deporte\\_espanol.htm#inicio](http://www.mapa.es/es/ganaderia/pags/equino/seleccion/deporte_espanol.htm#inicio)

### **1. INTRODUCCIÓN**

*El Esquema de Selección que se propone para el Caballo de Deporte Español, ha sido realizado por un equipo de trabajo formado por representantes de la Asociación Nacional de Criadores del Caballo de Deporte Español (ANCADES) y del Grupo de Investigación AGR-158 (Esquemas de Selección de Razas Autóctonas, Caracterización y Conservación de Recursos Genéticos Animales y de sus Sistemas Productivos Tradicionales. Genética y Citogenética Aplicada y Molecular) constituido por personal del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba y del Departamento de Ciencias Agroforestales de la EUITA de la Universidad de Sevilla, responsabilizándose este grupo de la coordinación y redacción definitiva.*

*El Esquema de Selección que se presenta está basado en la normativa recogida en la Orden APA/1018/2003 por la que se establecen los requisitos básicos para los Esquemas de Selección y los Controles de Rendimientos necesarios en la evaluación genética de équidos de razas puras. Siguiendo las recomendaciones dadas en dicha normativa, el Esquema de Selección del Caballo de Deporte Español se estructura en 5 apartados:*

- *Descripción de los Objetivos de Cría y de los Criterios de Selección.*
- *Control de Rendimientos Fenotípicos y Genealógicos.*
- *Metodología de la Valoración Genética: para Jóvenes Reproductores Recomendados, Reproductores Mejorantes y Reproductores de Élite.*
- *Descripción de las fases del Esquema de Selección.*
- *Diagrama del Esquema de Selección.*

*Los controles fenotípicos ejecutados dentro del Esquema de Selección serán realizados por los controladores de ANCADES. Las ganaderías con Caballos de Deporte Español podrán adscribirse al Esquema de Selección de la raza de forma voluntaria, si bien una vez establecida su adhesión y durante su permanencia en el mismo, deberán acogerse en toda su extensión a las normas que lo rijan.*

*El grupo de investigación AGR-158 será el encargado de realizar la valoración genética de los Jóvenes Reproductores Recomendados, los Reproductores Mejorantes y los Reproductores de Élite.*

*La Dirección General de Ganadería del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, será la encargada de la validación del Esquema de Selección, en cada una de las fases establecidas, y de los resultados obtenidos.*

## **2. OBJETIVOS DE CRÍA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN**

*La Asociación Nacional de Criadores del Caballo de Deporte Español persigue, con la puesta en marcha de este Esquema de Selección, la consecución de un caballo con buena conformación, fortaleza física, temperamento, salud y fertilidad y que sea capaz de ofrecer rendimientos progresivos en las competiciones en las que participe (salto, concurso completo de equitación y doma), a nivel nacional e internacional.*

*Este objetivo principal se puede dividir a su vez en varios objetivos específicos:*

- Obtener caballos con una morfología adecuada para las distintas disciplinas deportivas anteriormente mencionadas (conformación funcional), mediante la aplicación de la Calificación Morfológica Lineal, que permite estimar, a partir de caracteres morfológicos de elevada correlación genética con los rendimientos deportivos, un índice morfológico funcional.*
- Obtener animales con un adecuado temperamento y fortaleza física, que les permita la consecución de buenos resultados en competiciones deportivas, tanto a nivel nacional como internacional, mediante la valoración genética de los resultados obtenidos en las distintos concursos en los que participe el animal y los caballos con él emparentados.*
- Obtener caballos con una larga vida productiva que les permita obtener altos rendimientos deportivos, tanto en Ciclos de Caballos Jóvenes como en concursos de las diferentes disciplinas ecuestres. En animales de salto, se realizará una ponderación de los valores genéticos para cada uno de los grupos de edad en los que se clasifican las competiciones; con ello se pretende conseguir a través del uso de un índice multi-carácter, una estima indirecta del rendimiento progresivo del reproductor.*
- Obtener animales sanos y con una capacidad reproductiva adecuada, que no posean ningún defecto de tipo hereditario que pueda comprometer su capacidad funcional, reproductiva o morfológica y pueda ser transmitido a su descendencia.*

*Para conseguir el cumplimiento de estos objetivos, se utilizarán una serie de Criterios de Selección que son:*

- Criterios Genealógicos. Con la información extraída del Libro de Registro de la raza y de los archivos genealógicos de ANCADES, se realizará la estimación del nivel de*

*endogamia de la población, así como la determinación de la influencia de los ancestros más emblemáticos. Se estudiarán las posibilidades de conexión tanto entre las distintas ganaderías adscritas al Esquema de Selección, como entre las diferentes competiciones deportivas.*

- Criterios Sanitarios y enfermedades hereditarias. Se realizará a todos los animales incluidos en este Esquema de Selección un control veterinario del aparato reproductor y locomotor, en busca de posibles anomalías o defectos que puedan condicionar su aptitud como reproductores y/ o animales de deporte. En el caso de que se detecten enfermedades hereditarias en la población, se realizará un estudio del modelo de herencia de dichas enfermedades con el fin de excluir los animales portadores, del proceso de selección. Del mismo modo, será posible realizar estudios específicos de la fisiología y la locomoción en el futuro, para completar los conocimientos sobre los animales de esta raza e incorporar sus resultados al proceso de selección de los futuros reproductores*
- Criterios Morfológicos. Se realizará una ficha de Calificación Morfológica Lineal específica para esta raza en la que se valore, con una escala numérica, el grado de expresión de los distintos caracteres incluidos, por estar correlacionados con la aptitud funcional para cada una de las competiciones deportivas contempladas en el Esquema de Selección. Así mismo, se estimará un índice morfo-funcional, mediante la ponderación de variables morfológicas con el empleo de índices multicarácter.*
- Criterios Funcionales. Se recogerán los resultados deportivos obtenidos tanto en los Ciclos de Caballos Jóvenes como en las Competiciones y Concursos (salto, concurso completo de equitación y doma) oficialmente reconocidos a nivel nacional e internacional. Para lo cual se creará una ficha de recogida de datos en la que se especifiquen las particularidades de la propia competición (categoría, localización, fecha, número de animales participantes...) y los datos y resultados de los animales participantes (posiciones y calificaciones, puntuaciones totales y parciales de las diferentes etapas del concurso, penalizaciones y bonificaciones, tiempos y ganancias).*
- Criterios de Comportamiento, Temperamento y Aptitudes Internas: Estos criterios se estimarán en el transcurso de las pruebas de valoración incluidas en los Ciclos de Caballos Jóvenes, mediante la evaluación de las puntuaciones recogidas para ellos. Así mismo, se podrá realizar una estima indirecta mediante la ponderación de los puestos de clasificación obtenidos en las distintas pruebas deportivas.*

*Del mismo modo, será posible habilitar en el futuro un Centro de Testaje para los animales de esta raza, del que se obtendrá información muy valiosa para el proceso de selección de los futuros reproductores, dado el mayor control de los factores ambientales y la posibilidad de incorporar en el proceso de evaluación criterios más objetivos a partir de pruebas biomecánicas y medidas zoo-métricas.*

### **3. CONTROL DE RENDIMIENTOS**

*Para la valoración genética de los reproductores es necesaria la utilización conjunta de toda la información obtenida de los registros genealógicos de la raza y de los controles de rendimientos. Será necesario por tanto, la recogida sistemática de todos los datos generados a partir del control genealógico y de la participación de los animales en los Concursos Morfológicos organizados por ANCADES, en los Ciclos de Caballos Jóvenes (de salto, concurso completo de equitación y doma) y en las diferentes competiciones hípicas oficialmente reconocidas.*

- **3.1. Datos Genealógicos:**

*Todos los datos que corresponden a los registros genealógicos, se obtendrán a partir de la información recogida en el Libro de Registro del Caballo de Deporte Español y a las genealogías facilitadas por ANCADES de sus archivos históricos.*

- **3.2. Datos Morfológicos:**

*Aplicando índices multicarácter y en función de los datos recogidos en la ficha de Calificación Morfológica Lineal y en las fichas específicas para conformación y morfología recogidas en los Ciclos de Caballos Jóvenes y en las competiciones hípicas, se estimará un índice morfológico-funcional, mediante la ponderación de las diferentes variables morfológicas.*

- **3.2.1. Calificación Morfológica Lineal.**

*Todos los animales deberán someterse, durante el transcurso de la celebración de los Ciclos de Caballos Jóvenes, o en certámenes organizados por ANCADES, a una calificación de su morfología a la edad de 3-5 años, mediante la aplicación de una ficha de Calificación Morfológica Lineal específica que se realizará para esta raza.*

- **3.2.2. Concursos Morfológicos Organizados por ANCADES y Ciclos de Caballos Jóvenes.**

*Los Concursos Morfológicos organizados por ANCADES, en los que podrán participar machos y hembras de 2 a 3 años de edad, se organizarán en tres concentraciones distribuidas por el territorio nacional (Norte, Centro y Sur), con una final que tendrá lugar en Madrid. En ellos se recogerá la siguiente información:*

- a) Datos del animal:

- *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa.*
- *Notas parciales y finales, para Aires y Modelo y para la Prueba de Salto, medidas en puntos.*
- *Resultados de la ficha de Calificación Morfológica Lineal.*
- *b) Datos del concurso:*
  - *Localización*
  - *Fecha de celebración*
  - *Nivel del concurso*
  - *Jueces*
  - *Datos ambientales: temperatura, época del año, estado de la pista...*
  - *Animales participantes (número, sexo...)*

*Los Ciclos de Caballos Jóvenes, distribuidos por toda la geografía nacional, serán organizados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y por lo tanto será este Ministerio quién determine sus normas y la forma de calcular las calificaciones finales (Orden APA/ 201/2004, de 5 de febrero). En ellos participarán machos y hembras de 4, 5 y 6 años de edad, y se recogerá toda la información correspondiente a:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa.*
  - *Resultados de la ficha de Calificación Morfológica Lineal (animales de 3-4 años).*
  - *Calificaciones parciales para doma y maneras y para aires y modelo, recogidas en puntos.*
  - *Calificación final para el ejercicio de presentación, en puntos.*
- *b) Datos del Ciclo:*
  - *Datos ambientales: temperatura, época del año.*
  - *Nivel.*
  - *Nombre.*
  - *Localización.*
  - *Fecha de realización.*
  - *Jueces.*
- **3.3. Datos Funcionales:**
  - **3.3.1. Control de rendimientos en Salto.**



*Para la evaluación de la aptitud funcional de un animal para salto se recogerán los datos generados en los Ciclos de Caballos Jóvenes para Salto (recorridos de saltos de obstáculos) y en las Competiciones de Salto oficialmente reconocidas.*

*En los Ciclos de Caballos Jóvenes para Salto se recogerá toda la información referente a:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa.*
  - *Clasificación, medida en puestos.*
  - *Puntuación final, recogida en puntos.*
  - *Calificaciones parciales obtenidas en cada una de las pruebas realizadas, en puntos.*
  - *Penalizaciones en las diferentes etapas de las pruebas, recogida en puntos (que serán negativos).*
  - *Bonificaciones por participación en pruebas de Ciclos de Caballos Jóvenes en otras disciplinas ecuestres, en puntos.*
- *b) Datos del Ciclo:*
  - *Fecha y nombre*
  - *Localización.*
  - *Número de participantes.*
  - *Datos ambientales (temperatura, época del año...)*
  - *Jueces*
  - *Características de la pista*

*En las Competiciones de Salto oficialmente reconocidas participarán machos y hembras de 4, 5, 6 y mayores de 6 años de edad (en cuatro grupos de edades bien diferenciados). De cada una de las pruebas en las que participen los animales deberá recogerse toda la información disponible sobre:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa*
  - *Posición en el ranking final de animales, medida por el puesto en la clasificación*
  - *Ganancias anuales totales*
  - *Penalizaciones, recogidas en una escala de puntos*
  - *Eliminaciones y retiradas*

- *Tiempos totales y parciales necesitados por el animal para la realización del recorrido*

- *b) Datos de la competición:*

- *Nombre*
- *Localización*
- *Categoría del concurso (tres categorías en función de su dificultad: A (alta), B (media) y C (baja))*
- *Número de participantes*
- *Datos ambientales (Temperatura, época del año...)*
- *Jueces*
- *Características de la pista de competición*

- **3.3.2. Control de rendimientos en Concurso Completo de Equitación.**

*La evaluación de la aptitud funcional de los animales para Concurso Completo de Equitación se realizará recopilando todos los datos que se generan en los Ciclos de Caballos Jóvenes para esta disciplina y en los Concursos oficialmente reconocidos.*

*En los Ciclos de Caballos Jóvenes para Concurso Completo de Equitación se recogerá toda la información sobre:*

- *a) Datos del animal:*

- *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa*
- *Posición, medida en puestos*
- *Puntuación final, recogida en puntos*
- *Calificaciones parciales obtenidas en cada una de las pruebas realizadas (Doma, Salto, Ejercicios Complementarios y Cross), en puntos*
- *Bonificaciones por participación en pruebas de Ciclos de Caballos Jóvenes en otras disciplinas ecuestres, en puntos*

- *b) Datos del Ciclo:*

- *Fecha y nombre*
- *Localización.*
- *Número de participantes*
- *Datos ambientales (temperatura, época del año...)*
- *Jueces.*
- *Características de la pista.*

*En los Concursos Completos de Equitación oficialmente reconocidos deberá recogerse toda la información disponible sobre:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa*
  - *Posición en la clasificación final de animales, medida por el puesto conseguido*
  - *Puntuaciones parciales y final obtenida, en puntos*
- *b) Datos del concurso:*
  - *Nombre*
  - *Localización*
  - *Categoría*
  - *Número de participantes*
  - *Datos ambientales (temperatura, época del año...)*
  - *Jueces*
  - *Características de la pista de competición*
- **3.3.3. Control de rendimientos en Doma.**

*Para la evaluación de la aptitud funcional para Doma es necesario que se recojan todos los datos generados en los Ciclos de Caballos Jóvenes para esta disciplina y en los Concursos de Doma oficialmente reconocidos.*

*En los Ciclos de Caballos Jóvenes para Doma se deberá recoger toda la información disponible sobre:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa.*
  - *Clasificación, medida en puestos.*
  - *Puntuación final, recogida en puntos.*
  - *Calificaciones parciales obtenidas, en puntos.*
  - *Bonificaciones por participación en pruebas de Ciclos de Caballos Jóvenes en otras disciplinas ecuestres, en puntos.*
- *b) Datos del Ciclo:*
  - *Fecha y nombre*
  - *Localización*
  - *Número de participantes*

- *Datos ambientales (temperatura, época del año...)*
- *Jueces*
- *Características de la pista*

*En los Concursos de Doma oficialmente reconocidos deberá recogerse toda la información disponible sobre:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Identificación: nombre, microchip, sexo, ganadería de procedencia, propietario, fecha de nacimiento y capa*
  - *Posición en la clasificación final de animales, medida por el puesto conseguido*
  - *Puntuaciones parciales y final, en puntos*
- *b) Datos del Concurso:*
  - *Nombre*
  - *Localización.*
  - *Categoría.*
  - *Número de participantes*
  - *Datos ambientales.*
  - *Jueces.*
  - *Características de la pista de competición.*

*En las tres disciplinas (salto, concurso completo y doma) será necesario que las variables recogidas en las fichas de puntuación (posiciones de llegada, clasificaciones, etc) se ajusten a una distribución normal. Para la consecución de este ajuste será preciso realizar diferentes tipos de transformaciones matemáticas (logaritmos, raíces cuadradas, etc.).*

#### **4. VALORACIÓN GENÉTICA**

*Las valoraciones genéticas se basarán en los modelos mixtos del BLUP (modelo animal), en el que se considerarán todas las relaciones de parentesco conocidas entre los participantes en las distintas pruebas y sus calificaciones.*

*Los resultados estarán tipificados en una escala de media 100 puntos y una desviación estándar  $\pm 20$ . La población base de referencia será el grupo de animales en los que se realice la valoración genética inicial, y deberá ser actualizado cada 5 años (escala fija).*

*El origen de los controles tomados como base para la valoración genética serán: los Concursos Morfológicos organizados por ANCADES, los Ciclos de Caballos Jóvenes, las*

*Competiciones oficialmente reconocidas, tanto nacionales como internacionales, y la ficha de Calificación Morfológica Lineal.*

- **4.1. Valoración Genética para JÓVENES REPRODUCTORES RECOMENDADOS:**

*Anualmente se realizará la valoración genética individual para las disciplinas de Salto, Concurso Completo de Equitación y Doma. En función de los resultados que se obtengan en estas valoraciones, se realizará un listado oficial de animales Jóvenes Reproductores Recomendados de la raza Caballo de Deporte Español (para Morfología, Salto, Concurso Completo de Equitación y Doma) que deberá ser difundido entre los criadores pertenecientes al Esquema de Selección, siendo posible que se incluya en el Catalogo de Reproductores de la raza, en forma de documento anexo.*

*Del mismo modo, en función de los resultados fenotípicos corregidos obtenidos por el animal tras su participación en los Concursos Morfológicos organizados por ANCADES (Puntuación para Aires, Modelo y Salto), se estimará un Índice de Rendimiento Individual para el deporte (I.I.DEPORTE), basado en la siguiente ecuación:*

***I.I.DEPORTE = 25% P. Aires + 25% P. Modelo + 50% P. Salto***

*Este índice permitirá determinar tempranamente a los Jóvenes Reproductores Calificados para el deporte (animales con más de 100 puntos), en función de sus méritos deportivos, y deberá ser corregido para:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Edad*
  - *Sexo.*
  - *Año de participación.*
  - *Ganadería de procedencia del animal.*
  - *Cruce.*
  - *Jinete.*
- *b) Datos del Concurso:*
  - *Fecha*
  - *Localización.*
  - *Número de participantes*
  - *Jueces.*
  - *Datos ambientales*
- **4.1.1. Joven Reproductor Recomendado para Morfología y Conformación.**

*A partir de la información obtenida mediante la aplicación de la ficha de Calificación Morfológica Lineal, junto con las fichas de calificación de la morfología y la conformación derivadas de los Ciclos de Caballos Jóvenes y las competiciones hípias reconocidas oficialmente, se procederá a la formulación de un índice individual multi-carácter.*

*Con ello, si los animales han obtenido más de 100 puntos, serán reconocidos como Jóvenes Reproductores Recomendados para Morfología y Conformación.*

○ **4.1.2. Joven Reproductor Recomendado para Salto.**

*Se realizará un índice de rendimiento individual para salto (I.I.SALTO), basado en los resultados fenotípicos corregidos obtenidos por los animales tras su participación en Ciclos de Caballos Jóvenes para Salto y Competiciones de Salto oficialmente reconocidas.*

***I.I.SALTO = 25% P. Aires y Modelo + 25% P. Doma y Maneras + 50% ISalto***

***Siendo: ISalto = 0.25 \* S4 + 0.30 \* S5 + 0.45 \* S6.***

*Donde: S4, S5 y S6 son las clasificaciones obtenidas en Salto para las categorías de 4, 5 y 6 años respectivamente.*

*Este modelo estadístico se corregirá por:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Edad*
  - *Sexo*
  - *Año de participación*
  - *Ganadería de procedencia del animal*
  - *Cruce*
  - *Jinete*
- *b) Datos del Concurso:*
  - *Fecha*
  - *Nivel del concurso (A, B o C, en función de su dificultad)*
  - *Localización*
  - *Número de participantes*
  - *Datos ambientales*
  - *Características de la pista*
  - *Jueces*

Los caballos que superen la puntuación de 100 en este índice, obtendrán el título de 'Jóvenes Reproductores Recomendados para Salto'.

○ **4.1.3. Joven Reproductor Recomendado para Concurso Completo de Equitación.**

Para poder considerar a un animal 'Joven Reproductor Recomendado para Concurso Completo de Equitación', es necesario que haya participado en los Ciclos de Caballos Jóvenes de esta disciplina y/o en Concursos Completos de Equitación oficialmente reconocidos.

Se elaborará un Índice de Rendimiento Individual a partir de los datos de participación de cada animal y mediante la valoración de los puestos de clasificación obtenidos por el animal. Serán considerados "Jóvenes Reproductores Recomendados para Concurso Completo de Equitación" aquellos animales que superen la puntuación de 100 en el siguiente índice individual (I.I.CCE):

**$I.I.CCE = 25\% P. Doma + 20\% P. Fondo + 25\% P. Cross-Doma + 20\% P. Salto + 10\% Posición clasificatoria$**

○ **4.1.4. Joven Reproductor Recomendado para Doma.**

Para ser considerados como 'Jóvenes Reproductores Recomendados para Doma', los animales deberán ser evaluados en función de la posición clasificatoria que hayan conseguido en los Ciclos de Caballos Jóvenes para Doma y/o Concursos de Doma oficialmente reconocidos en los que hayan participado.

En función de los datos de participación y de la valoración de los puestos de clasificación obtenidos, se estimará un Índice de Rendimiento Individual. Los animales que superen la puntuación de 100 en este índice, serán considerados 'Jóvenes Reproductores Recomendados para Doma'.

• **4.2. Valoración genética para 'REPRODUCTORES MEJORANTES'.**

La combinación de los distintos Controles de Rendimientos Individuales con las relaciones de parentesco establecidas entre los animales pertenecientes al Esquema de Selección de la raza Caballo de Deporte Español, permitirá la valoración genética de los reproductores por su descendencia.

Los animales serán evaluados, con la metodología BLUP (modelo animal), mediante la obtención de un Índice Genético multi-carácter, en el que se ponderen por orden de importancia cada uno de los valores genéticos incluidos en el citado índice.

*Todos los animales que superen esta valoración, quedarán recogidos en el Catálogo de Reproductores de la raza Caballo de Deporte Español como Reproductores Mejorantes para cada uno de los apartados establecidos (Morfología, Salto, Concurso Completo de Equitación y Doma), incluyéndose los siguientes datos:*

- *El valor genético*
- *El número de descendientes en control*
- *El número de hembras que ha servido*
- **4.2.1. Reproductor Mejorante para Morfología.**

*Para que un animal sea considerado como 'Reproductor Mejorante para Morfología', se le exigirá que el Índice Genético, estimado a partir de la ponderación de la valoración genética de las variables morfológicas que integran la ficha de Calificación Morfológica Lineal, sea superior a la media poblacional más una desviación típica. Así mismo, deberá poseer una fiabilidad igual o superior al 60%.*

- **4.2.2. Reproductor Mejorante para Salto.**

*Basándose en los resultados obtenidos por el animal, y todos los que estén emparentados con él, en los Ciclos de Caballos Jóvenes para Salto y en Competiciones oficiales de esta disciplina, se obtendrá un Índice Genético (I. G. SALTO) en el que se ponderará como sigue:*

***I. G. SALTO = 25% VG Aires y Modelo + 25% VG Doma y Maneras + 50% VG Salto***

*Este índice deberá ser corregido para:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Edad*
  - *Sexo.*
  - *Cruce.*
  - *Año de participación.*
  - *Ganadería de procedencia.*
  - *Jinete/Entrenador.*
- *b) Datos del ciclo y/o Competición:*
  - *Fecha y localización*
  - *Número de participantes*
  - *Datos ambientales*



- *Tipo de concurso (nacional o internacional)*
- *Nivel de concurso (en función del número y la dificultad de los obstáculos)*
- *Características de la pista*
- *Tiempo medio realizado por todos los concursantes, incluido el ganador*
- *Jueces*

*Los animales que obtengan más de 100 puntos en cada uno de estos valores genéticos y una fiabilidad mayor o igual del 60%, serán considerados 'Reproductores Mejorantes para Salto en cada uno de los grupos de edades establecidos' (4, 5, 6 y mayores de 6 años).*

○ **4.2.3. Reproductor Mejorante para Concurso Completo de Equitación.**

*En función de los resultados obtenidos por un determinado animal, y todos los que estén con él emparentados, en los Ciclos de Caballos Jóvenes para Concurso Completo de Equitación y en los Concursos Completos de Equitación oficialmente reconocidos en los que hayan participado, se estimará el valor genético de las puntuaciones obtenidas en las distintas pruebas del Concurso Completo de Equitación y de la posición clasificatoria, ponderadas según el siguiente Índice Genético:*

***I.G.CCE = 25% VG P. Doma + 20% VG P. Fondo + 25% VG P. Cross-Doma + 20% VG P. Salto + 10% VG Posición clasificatoria***

*Será necesario corregir el modelo en función de:*

- *a) Datos del animal:*
  - *Edad*
  - *Sexo.*
  - *Cruce.*
  - *Ganadería de procedencia del animal.*
  - *Año de competición.*
  - *Jinete/entrenador.*
- *b) Datos del Concurso:*
  - *Fecha y localización*
  - *Número de participantes*
  - *Datos ambientales*
  - *Tipo de concurso (nacional o internacional)*

- Nivel de concurso
- Tiempo medio necesario por todos los concursantes, incluido el ganador
- Jueces

*Los animales que obtengan más de 100 puntos para este Índice Genético con una fiabilidad mayor o igual del 60%, serán considerados 'Reproductores Mejorantes para Concurso Completo de Equitación'.*

○ **4.2.4. Reproductor Mejorante para Doma.**

*Para que un animal obtenga la categoría de "Reproductor Mejorante para Doma", deberá obtener un Valor Genético superior a 100 puntos con una fiabilidad mayor o igual al 60% para la variable posición clasificatoria, que será recogida tanto en los Ciclos de Caballos Jóvenes para esta disciplina, como para los concursos en los que participe en animal. Este Valor Genético deberá ser corregido en función de:*

- *a) Datos del animal:*
  - Edad
  - Sexo
  - Cruce
  - Ganadería de procedencia del animal
  - Año de competición
  - Jinete/entrenador
- *b) Datos del Concurso:*
  - Fecha y localización
  - Número de participantes
  - Datos ambientales
  - Tipo de concurso (nacional o internacional)
  - Nivel de concurso
  - Características de la pista
- **4.3. Valoración Genética para 'REPRODUCTOR DE ÉLITE'.**

*Para poder considerar, desde el punto de vista genético, a un animal como 'Reproductor de Élite', se deberá tener en cuenta, junto con la historia deportiva del animal y la de sus hijos, la valoración genética conseguida por el animal en las distintas modalidades.*

- *Para que un animal sea considerado como 'Reproductor de Élite para Salto' se precisará:*

- *Que el propio animal haya destacado por sus méritos deportivos en Competiciones de Salto, siendo necesario que haya obtenido el título de Joven Reproductor Recomendado para Salto'*
- *Que un mínimo del 50% de sus descendientes en competición hayan destacado en Competiciones de Salto y consecuentemente hayan obteniendo la calificación de 'Joven Reproductor Recomendado para Salto'.*
- *Que en la valoración genética por la descendencia haya sido evaluado como reproductor mejorante para más de dos categorías de esta disciplina.*
- *Para que un animal sea considerado como 'Reproductor de Élite para Concurso Completo de Equitación' se precisará:*
  - *Que el propio animal haya destacado por sus méritos deportivos en los Concursos Completos de Equitación, siendo necesario que haya obtenido el título de 'Joven Reproductor Recomendado para Concurso Completo de Equitación'.*
  - *Que un mínimo del 50% de sus descendientes en competición hayan destacado en Concursos Completos de Equitación, obteniendo la calificación de 'Joven Reproductor Recomendado para Concurso Completo de Equitación'.*
  - *Que en la valoración genética por la descendencia haya sido evaluado como reproductor mejorante para esta disciplina.*
- *Para que un animal sea considerado como 'Reproductor de Élite para Doma' se precisará: :*
  - *Que el propio animal haya destacado por sus méritos deportivos en los Concursos de Doma, siendo necesario que haya obtenido el título de 'Joven Reproductor Recomendado para Doma'.*
  - *Que un mínimo del 50% de sus descendientes en competición hayan destacado en Concursos de Doma obteniendo la calificación de 'Joven Reproductor Recomendado para Doma'.*
  - *Que en la valoración genética por la descendencia haya sido evaluado como reproductor mejorante para esta disciplina.*

*Todos los 'Reproductores de Élite' quedarán recogidos en el Catálogo de Reproductores del Caballo de Deporte Español.*

## **5. FASES DEL ESQUEMA DE SELECCIÓN DEL CABALLO DE DEPORTE ESPAÑOL.**

*El Esquema de Selección del Caballo de Deporte Español quedará estructurado en 5 fases según recoge la normativa de la Orden APA/1018/2003.*

### **1ª FASE. REGISTRO DE NACIMIENTOS: LIBRO DE REGISTRO.**

*En la primera fase del Esquema de Selección se deberá realizar la identificación, reseña y control de filiación, mediante pruebas de ADN, de todos los potros nacidos anualmente, que pasarán a inscribirse en el Libro de Registro de la raza Caballo de Deporte Español.*

*Se realizará, así mismo, un control de los posibles defectos genéticos de la raza, eliminando automáticamente del Esquema de Selección a todos los animales portadores.*

## **2ª FASE. VALORACIÓN GENEALÓGICA. REPRODUCTORES CALIFICADOS.**

*En base a toda la información genealógica recogida en el Libro de Registro del Caballo de Deporte Español y en los archivos de ANCADES, el grupo AGR-158 será el encargado de realizar un estudio genealógico y de estructura genética poblacional en el que se determine:*

- *El nivel de endogamia de la población.*
- *La influencia genética de los animales más emblemáticos.*
- *El flujo de genes entre los animales adscritos al presente Esquema de Selección.*
- *El sistema de conexiones entre ganaderías, competiciones y Ciclos de Caballos Jóvenes, que permita el diseño de un sistema de cubriciones adecuado.*
- *La herencia de enfermedades y defectos genéticos, en el caso de que se detecten en la población.*

*Simultáneamente a este estudio genealógico, se podrá realizar un control de los rendimientos individuales, lo que permitirá obtener el título de “Reproductor Calificado” a todos aquellos animales que superen los requisitos mínimos que, en su caso, se establezcan, y que pasarán a recogerse en el Registro Principal del Libro Genealógico de la raza Caballo de Deporte Español.*

## **3ª FASE. CONTROL DE RENDIMIENTOS Y VALORACIÓN GENÉTICA INDIVIDUAL: JOVEN REPRODUCTOR RECOMENDADO.**

*Para el desarrollo de la 3ª fase del Esquema de Selección será necesaria la recogida sistemática de todos los datos referentes a los rendimientos deportivos de los animales en: Concursos Morfológicos organizados por ANCADES, Ciclos de Caballos Jóvenes, Competiciones de Salto, Concursos Completos de Equitación y Concursos de Doma oficialmente reconocidas. Así mismo, los datos morfológicos serán obtenidos a partir de la aplicación de la ficha de Calificación Morfológica Lineal, que deberán ser procesados y analizados genéticamente para la obtención de un Índice Individual para la morfología. Existe la posibilidad de organizar un Centro de Testaje para los animales de esta raza en el futuro, del que se obtendrán datos objetivos para la selección de los futuros reproductores.*

*Con los resultados fenotípicos obtenidos en los Concursos Morfológicos organizados por ANCADES para animales de 2 y 3 años de edad (Puntuación para Aires, Modelo y Salto) y corregidos para los distintos factores ambientales, se estimará un Índice de Rendimiento Individual. Todos los animales que obtengan más de 100 puntos para este índice serán considerados Jóvenes Reproductores Calificados para el deporte.*

*Todos los Jóvenes Reproductores Recomendados quedarán recogidos en un Listado Oficial, que podrá incluirse en el Catalogo de Reproductores de la raza, a modo de documento anexo.*

*El grupo AGR-158, remitirá anualmente el Listado Oficial de Jóvenes Reproductores Recomendados a la Asociación de Criadores, y ésta podrá facilitarlo a todos los criadores adscritos al Esquema de Selección de la raza, con el objetivo de fomentar la utilización de estos animales como reproductores:*

- *a) Joven Reproductor Recomendado para Morfología y Conformación.*

*Con los datos morfológicos obtenidos mediante la aplicación de una ficha de Calificación Morfológica Lineal, y los obtenidos en los Ciclos de Caballos Jóvenes y Competiciones Hípicas reconocidas oficialmente, se estimará un Índice Individual morfo-funcional.*

- *b) Joven Reproductor Recomendado para Salto.*

*En la disciplina de salto, todos aquellos animales que posean un índice individual superior a 100 serán considerados 'Jóvenes Reproductores Recomendados para Salto'.*

- *c) Joven Reproductor Recomendado para Concurso Completo de Equitación.*

*Para que un animal sea considerado 'Joven Reproductor Recomendado para Concurso Completo de Equitación', debe poseer un valor superior a 100 puntos en el índice individual calculado para esta disciplina.*

- *d) Joven Reproductor Recomendado para Doma.*

*Los animales que obtengan una puntuación superior a 100 en la valoración individual realizada en función de los resultados de doma, serán considerados 'Jóvenes Reproductores Recomendados para Doma'.*

#### **4ª FASE. VALORACIÓN GENÉTICA POR LA DESCENDENCIA: REPRODUCTOR MEJORANTE Y REPRODUCTOR DE ÉLITE.**

*En esta fase se realizará, con la aplicación de la metodología BLUP (modelo animal), la valoración genética por la descendencia (mediante la matriz de parentesco que registre hasta la 4ª generación conocida de cada animal) de todos aquellos caballos que cuenten con un número suficiente de animales emparentados genealógicamente (preferentemente descendientes directos) y con controles de rendimientos en: Concursos Morfológicos organizados por ANCADES, Calificaciones Morfológicas Lineales, Ciclos de Caballos Jóvenes y Competiciones hípicas oficialmente reconocidas.*

*Los animales que posean un índice genético en morfología superior a la media de la población, con una fiabilidad mayor o igual al 60%, serán considerados como 'Reproductores Mejorantes para Morfología'.*

*Del mismo modo, será reconocido como 'Reproductor Mejorante para Salto', para cada una de las cuatro categorías establecidas en función de la edad (4, 5, 6 y mayores de 6 años), aquel animal que obtenga un índice genético de Salto por la descendencia superior a la media con una fiabilidad mayor o igual al 60%.*

*En el caso de la disciplina de Concurso Completo de Equitación, se considerará a un animal como 'Reproductor Mejorante para Concurso Completo de Equitación' cuando su índice genético para esta disciplina supere a la media poblacional con una fiabilidad mayor o igual al 60%.*

*Un animal 'Reproductor Mejorante para Doma' es aquel que obtenga un índice genético de doma superior a la media de la población en su evaluación para esta disciplina, con una fiabilidad mayor o igual al 60%.*

*El listado oficial de los 'Reproductores Mejorantes' se recogerá en el Catálogo de Reproductores del Caballo de Deporte Español. Este listado deberá completarse con:*

- *Los datos genealógicos del animal en valoración*
- *El índice genético para la Calificación Morfológica Lineal*
- *El índice genético para Aires y Modelo*
- *El índice genético para Salto por cada una de las clases de edad establecidas (4, 5, 6 y mayores de 6 años)*
- *El índice genético para Concurso Completo de Equitación*
- *El índice genético para la disciplina de Doma*
- *El valor genético de cada variable estudiada para el cálculo final de los distintos índices*
- *El número de descendientes que tiene el animal en control*
- *El número de hembras que han sido cubiertas por el animal*

*Un animal será considerado 'Reproductor de Élite' para las disciplinas de Salto, Concurso Completo de Equitación y/o Doma, si además de haber obtenido la calificación de Reproductor Mejorante, tanto el 50% de sus descendientes como el propio animal han destacado por méritos deportivos obteniendo consecuentemente la categoría de Joven Reproductor Recomendado.*

*Al igual que los Reproductores Mejorantes, los Reproductores de Élite aparecerán en el Catálogo de Reproductores de la raza Caballo de Deporte Español en hoja completa, donde se recogerán:*

- *Los datos genealógicos*
- *El índice global obtenido por el animal*
- *Los índices parciales*
- *El valor genético obtenido para cada una de las variables en estudio*
- *Los principales resultados deportivos del reproductor conseguidos en las competiciones de las diferentes disciplinas*
- *Los principales resultados deportivos conseguidos por su descendencia*
- *El número de descendientes en control*
- *El número de hembras cubiertas*

#### **5ª FASE. CATÁLOGO DE REPRODUCTORES.**

*Anualmente será publicado un Catálogo de Reproductores con los animales que hayan conseguido, después de la Valoración Genética, la categoría de Mejorantes y de Élite. Para cada uno de estos animales se recogerán:*

- *Una fotografía del animal*
- *Los datos genealógicos e identificativos*
- *Los resultados fenotípicos promedio obtenidos, por el propio reproductor y por su descendencia, en la Calificación Morfológica Lineal y calificaciones obtenidas tanto en Ciclos de Caballos Jóvenes de las distintas disciplinas como en las competiciones y concursos oficialmente reconocidos en los que haya tomado parte.*
- *Los resultados de la Valoración Genética para cada una de las variables establecidas en el Esquema y su nivel de fiabilidad. Esta información podrá ser utilizada por el criador para seleccionar aquellos reproductores que sean mejorantes en las distintas aptitudes funcionales, en los rasgos morfológicos o defectos que se necesiten corregir en una ganadería determinada.*

*El objetivo de este Catálogo de Reproductores es la difusión y promoción de los 'REPRODUCTORES MEJORANTES' y los 'REPRODUCTORES DE ÉLITE'. Así mismo, y con el mismo objetivo de fomentar la utilización reproductiva de los animales que hayan*

*obtenido la categoría de 'Jóvenes Reproductores Recomendados', y consecuentemente incrementar el número de descendientes que permita aumentar la fiabilidad de los resultados de la valoración genética, se publicará un listado anual en forma de anexo dentro del Catálogo de Reproductores del Caballo de Deporte Español.*

## 2.1.2. Material de laboratorio

2.1.2.1 Material de disección. Material convencional empleado en técnica anatómica, así como reactivos y útiles varios para la conservación de piezas.

2.1.2.2. Lupa estereoscópica. Siempre que fue necesario comprobar detalles en la fase de disección se hizo uso de la lupa estereoscópica de la marca Zeiss, modelo OPMI 1FC.

2.1.2.3. Sierra mecánica. Para la realización de los cortes en congelación se utilizó una sierra industrial de la casa “Maquinaria Industrial Cárnica” (MAINCA), modelo CCH-2000.

2.1.2.4. Calibradores y medidores. Para las medidas de longitud, anchura y grosor de la región falangiana se usó un calibrador o Nonius de la marca Somet, y para la medir la alzada del animal se empleo un bastón zoométrico de la marca Hauptner. El peso se calculó con cinta métrica.

2.1.2.5. Aparato de rayos X, Sound Eklín, portátil, modelo TruDR LX (Figura 6), que ofrece entre otras las ventajas de digitalizar las imágenes y por consiguiente descargarlas al ordenador sin necesidad de revelado, da una máxima resolución de imágenes, incorpora el software VetPACS para captura, archivo, revisión y distribución de imágenes, el software SoundVU con el ecualizador correspondiente, todo ello con una sencillez en el manejo destacable.



2.1.2.6. Ecógrafo. Tipo MyLab Vet 30 Esaote Gold X-view portátil (Figura 7), con las siguientes características técnicas:

- *TFT LCD de 15" de alta resolución*
- *Conexión simultánea de dos sondas*
- *Sondas para aplicaciones dedicadas*
- *Sondas de ancho de banda extendida & forma ergonómica innovadora (Appleprobes)*
- *Teclado ergonómico con panel de control extendido*
- *Interfaz agradable con teclas de acceso directo a las funciones principales*
- *Configuraciones portátiles, multi lugar & basada en carro*
- *TEI™ - Tissue Enhancement Imaging*
- *XView - Extreme View con algoritmo adaptable en tiempo real*
- *M-View - combinación de imágenes ecográficas estándar y sesgadas para detectar todas las estructuras anatómicas*
- *VPan - imágenes panorámicas*
- *CMM - Compass M-Mode (modo M direccionable)*
- *TVM - Tissue Velocity Mapping para análisis de motilidad de VI*
- *Eco estrés integrado comprehensive package*
- *CnTI™ - Contrast Tuned Imaging para procedimientos con medio de contraste*
- *XStrain™ - Análisis Strain-Strain Rate para evaluación de la función miocárdica*
- *RF-QIMT - (Quality Intima Media Thickness) para detección temprana de enfermedades cardiovasculares*
- *Paquetes cardíaco y vascular avanzados*
- *TCD-dedicated setting & report*
- *Adquisiciones 3D fáciles y rápidas*
- *Doppler, CFM, Power, PW/CW de alta sensibilidad y reducción de artefactos*
- *Paquete de mediciones y reports completo y detallado*
- *Batería ligera integrada*
- *CD/DVD y Puertos USB 2.0 para transferencia de datos clínicos*
- *Almacenamiento y gestión digital del paciente y conectividad completa*
- *Placa de red integrada para conexión directa a LAN*
- *Capacidad de conexión "wireless"*
- *Compatibilidad con plataforma Windows® y DICOM*

2.1.2.7. Equipo de resonancia magnética nuclear, Philips, modelo Panorama 0.23 Tesla (Figura 8A), con las siguientes características técnicas:

*IMÁN ABIERTO de última generación de 0.23 Tesla.*

*El campo magnético es generado por un electroimán de última generación. Es el único equipo de bajo campo con una homogeneidad estable e independiente de la temperatura de la sala. Un avanzado sistema de shimming ha permitido la incorporación de la secuencia de imagen más sofisticado llamado eco de gradiente compensado (b-FFE), hasta ahora únicamente disponible en los equipos superconductores de alto campo. Ningún otro equipo de bajo campo incluye esta funcionalidad.*

*Incluye sistema pasivo y activo de homogeneización del campo. Homogeneidad mayor que  $\pm 5.0$  p.p.m. sobre 400 mm. DSV para garantizar una excelente calidad de imagen.*

*Línea de 5 Gauss: 2.1m x 2.5m (horizontal) / 2.5m (vertical).*

*Permite apagar y encender el campo magnético en apenas 6 minutos.*

*Distancia máxima entre polos: 46 cm, un amplio espacio incluso para los pacientes de mayor tamaño.*

*El consumo eléctrico del imán es de aprox. 22 kW. Teniendo en cuenta la duración de los estudios, el gasto eléctrico es de aprox. 2 EUR / paciente.*

## GRADIENTES

*Con 11 mT/m [(x+y+z) 19 mT/m efectivo]] y un tiempo de ascenso de sólo 0,37 ms de 0 – 11 mT/m con un ciclo de trabajo de 100% para todas las secuencias.*

<i>Slew rate:</i>	<i>29 T/m/s</i>
<i>Slew rate efectivo (x+y+z):</i>	<i>50 T/m/s</i>
<i>Tr mínimo:</i>	<i>7.5 ms</i>
<i>Te mínimo:</i>	<i>2.4 ms</i>

*El diseño garantiza un bajo ruido acústico.*

## BOBINAS: 7 Diferentes

*Phased array de dos elementos para cabeza (Head Coil).*

*Phased array de dos elementos para extremidades (Extremity Coil).*

*Phased array de dos elementos Cuerpo/Columna Mediana (Body/Spine M).*

*Phased array de dos elementos Cuerpo/Columna Extra grande (Body/Spine XL).*

*Phased array de dos elementos de Cuello (Volume Neck L Coil).*

*Flexible para pequeñas partes (Flex XS).*

*Flexible de tamaño medio (Flex M).*

*PLATAFORMA PHASE ARRAY para la conexión de bobinas tipo Phase Array, Incluye 4 canales independientes para la recepción simultánea.*

*Compatible con todas las técnicas de imagen.*

*Elementos seleccionables por el usuario.*

*Receptores con ancho de banda de 200 MHz cada uno.*

*AMPLIFICADOR de estado sólido de 5 Kw.*

#### **MESA DE EXPLORACIÓN**

*Hasta 200 Kg.*

*La mesa ha sido diseñada de tal manera que el enfermo no pasa con la cabeza por debajo del imán si no es totalmente imprescindible. El acceso normalmente es lateral evitando así la ansiedad.*

#### **CONSOLA**

*Consola de operador/diagnóstico con monitor de plano LCD de 18". Resolución 1280 x 1024 puntos.*

*Protocolos clínicos optimizados, modificables y programables por el usuario, con información continua sobre duración y calidad del examen previo a su ejecución.*

*Funciones de visualización, procesado e impresión de imágenes.*

#### **SISTEMA INFORMÁTICO:**

*Ordenador Principal PENTIUM IV multiprocesador a 2.2GHz de 64 Bits.*

*Memoria RAM: 1024 MBytes.*

*Sistema basado en WINDOWS, el sistema operativo más conocido y fácil de aprender y manejar.*

*Permite reconstruir, visualizar, imprimir, etc. simultáneamente.*

*Capacidad del disco duro de imágenes: 18 Gbytes ( aprox. 230.000 imágenes).*

*VELOCIDAD DE RECONSTRUCCION: 300 imágenes / segundo (256<sup>2</sup>).*

#### **SISTEMA DE ARCHIVO**

*Disco magnético de 9.1Gb (para 135.000 imágenes).*

*Un disco óptico (DOR) de 5 1/4" regrabable, con capacidad de 75.000 imágenes en matriz 256x256. (5.2 GB).*

#### **IMPRESIÓN DE IMÁGENES**

*Salida de imágenes en impresora láser compatible DICOM 3.0 print.*

#### **TÉCNICAS DE IMAGEN ESTANDAR:**

*Spin-Eco (SE), Inversión Recuperación (IR), Eco de Gradiente: Fast Field Eco (FFE).*

*T1-Fast Field Eco, Turbo Spin Eco (TSE).*

#### POSIBILIDADES DE USO

*Un eco, Doble eco, Eco Variable y Múltiples ecos.*

*2D, 3D, Multi Corte y multi-corte multi-ángulo.*

*Modo dinámico, respiración mantenida, compensación de flujos.*

*Transferencia de magnetización (MTC).*

*Adquisición parcial (Halfscan) para reducir un 40% el tiempo de examen.*

*Eco parcial para disminuir el mínimo tiempo de eco.*

*Supresión de grasa por STIR – TSE y STIR – FFE en T1 y T2.*

*Turbo Inversión- Recuperación.*

#### TÉCNICAS AVANZADAS

*FFE compensado (b-FFE) para una imagen excelente en columna, extremidades, etc.*

*Single Shot TSE.*

*DRIVE (driven equilibrio) para la aceleración de un factor 2 las secuencias 3D TSE, aumentando a la vez el contraste T2 en la imagen espectacularmente.*

*Dual eco TSE, y FFE.*

*Turbo FLAIR.*

*SIMEX: Excitación simultánea de 4 cortes para aumentar el máximo número de cortes por secuencia en un factor 4 sin aumentar tiempo.*

*Matriz de adquisición entre 128 - 512 (pasos de 16).*

#### PAQUETE DE REALCE DE IMAGEN

*Esta función de post-proceso permite la mejora sustancial de la calidad de imagen reduciendo el ruido, realzando o suavizando contornos. Como consecuencia se realza las estructuras anatómicas en las imágenes así tratadas.*

2.1.2.8. Equipo de fotografía. Mesa de fotografía del laboratorio de disección y máquinas fotográficas Canon, modelo Power Shot S90 y Sonny Digital Video Camera Recorder, DVD Handycam.

2.1.2.9. Ordenadores. Ordenadores portátiles y de mesa dotados con el correspondiente software para el tratamiento de imágenes.

## 2.2. MÉTODOS

2.2.1. Información general. Para la medición longitudinal de la primera falange, al no existir referencias externas lo suficientemente fiables, se decidió tomar como guía externa el plano sagital imaginario que divide en dos partes simétricas la porción dorsal y palmar de la región compedal. El punto distal del plano vendría marcado por su intersección con el rodete coronario, y el punto proximal por su confluencia con la articulación metacarpo-falangiana, ambos puntos relativamente fáciles de identificar por inspección visual y palpación.

Para los diámetros latero-mediales y dorso-palmares se seleccionó el área de la primera falange donde ambos son menores, que vienen marcados por la propia morfología del hueso. Se consideró que la realización de esas medidas con tal criterio garantizaba la uniformidad de la información recogida.

Para obtener los datos sobre la alzada de los caballos se utilizó el mismo protocolo que se usa en las competiciones deportivas reguladas por la Federación Ecuestre Internacional, y en todas las aéreas de la clínica equina en general, que consiste en medir su altura del suelo a la apófisis espinosa de la séptima vértebra torácica, punto más alto de la cruz. Es imprescindible comprobar que el aplomo del caballo sea correcto, para lo cual debe estar en la estación sobre un suelo liso y uniforme, con los metacarpos y metatarsos verticales y paralelos entre sí, que es la posición típica del caballo de doma clásica al finalizar un ejercicio.

En la estimación del peso se utilizaron cintas comerciales de contorno torácico las cuales, en función de la medida del mismo, calculan el peso del caballo.

2.2.2. Disección. Preparación del material de manera adecuada, que incluye el afeitado de la zona, seguida de una disección reglada y sistemática efectuada por planos.

2.2.3. Cortes en congelación. Montaje de la extremidad distal en planchas de poliestireno expandido, previamente graduadas, con el fin de garantizar que los cortes fuesen perpendiculares a la superficie de la región seleccionada. Los cortes fueron en secuencia de 10 mm de grosor.

2.2.4. Radiografías. Realizadas simplemente para controles y verificaciones siempre que fuera necesario.

2.2.5. Ecografías. Con la finalidad de conseguir unas buenas imágenes ecográficas es imprescindible seguir una pauta definida que incluye, por un lado pautas de índole preventiva y por otro metodológica. Entre las primeras, se menciona que es aconsejable confinar al caballo en un potro de contención (Figura 9) y, en caso de que sea necesario, habrá que sedarlo aunque siempre es preferible evitar la anestesia. El operador y el equipo deben colocarse adecuadamente para evitar cualquier tipo de accidente. Una posición del operador bastante común para estudios que afectan a la mano del animal es la que se muestra en la figura 10. En cuanto a las cuestiones metodológicas en sí mismas se deberá afeitar cuidadosamente la zona a examinar, se tratará de eliminar la mayor cantidad de grasa posible por medio de frotaciones con alcohol y a continuación lavado con agua y jabón. Más adelante se aplicará el gel de ultrasonidos y se procederá al análisis ecográfico de la región seleccionada. Es aconsejable mantener la zona siempre húmeda para que los estándares de calidad sean constantes a lo largo de todo el proceso; en ese sentido se debe tener siempre al alcance agua tibia y esponja (Figura 11). Así mismo es determinante la orientación de la sonda, que debe ser perpendicular al tejido objeto de estudio (Figura

12). Tal y como se detallará en el capítulo correspondiente a resultados, las mediciones de las estructuras seleccionadas se han realizado a tres niveles distintos, en cada uno de los cuales se han tomado referencias de la sección transversal y se han consignado datos relativos a la ecogeneidad y al patrón de fibras de cada elemento.

2.2.6. Análisis estadístico. Con los datos recogidos en los 54 casos analizados se procedió a un estudio estadístico en dos fases. La primera de ellas tuvo como objetivo definir la existencia o no de diferencias significativas entre las variables (alzada y peso del caballo, longitud, anchura y grosor de la primera falange, y las 14 superficies correspondientes a los tendones y ligamentos) con respecto a los factores o fuentes de variación (sexo y edad). Para el sexo se distinguieron tres grupos de animales: hembras, machos y castrados, en tanto que para la edad se diferenciaron dos grupos: menores de nueve años y de nueve años o más. Para tal análisis se utilizó prioritariamente el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión PASW Statistics 18 de IBM y se trabajó de acuerdo con el procedimiento estadístico habitual para estos casos (Cristobal, 1992; Vélez Ibarrola y García Pérez, 1993; Peña, 2002b).

La segunda fase consistió en determinar los parámetros o valores de ciertas variables (14 superficies medidas) para su futura utilización en técnicas de exploración clínica, mediante ecografía. Con ese fin se aplicaron las técnicas de Anova, regresión y correlación (Seber, 1977; Jobson, 1992; Drapper y Smith, 1998; Peña 2002a; Faraway, 2004) y se utilizó el modelo Stepwise Backward con criterio AIC. El programa informático seleccionado fue el Paquete estadístico R, versión 2.13. El estudio estadístico fue realizado por el Servicio de Consultoría Estadística, del departamento de Estadística e

Investigación Operativa, de la Universidad de Santiago de Compostela.

2.2.7. Resonancia magnética nuclear. Adicionalmente y como complemento a todo el trabajo anterior se realizó un estudio ecográfico y de RMN combinado. En la ecografía se siguió la pauta descrita previamente, si bien se tomaron imágenes sagitales y parasagitales. Debido a que en esta fase del estudio se utilizó el mismo ejemplar para ecografía y resonancia, la preparación o pasos previos (lavado, afeitado y preparación de la región) fueron los mismos en ambos casos. La complicación que implica la resonancia estriba en que es imprescindible hacer la anestesia general del caballo, para lo cual se suministró al animal romifidina (0,05 mgr/kpv kg/pv) y transcurridos 5 minutos ketamina (2.2 mgr/kpv); se mantuvo sedado aproximadamente 50 minutos con isofluorano y oxígeno. A continuación, el paso crítico en este tipo de estudios consiste en lograr una orientación perfecta de la mano del caballo con respecto a la fuente de toma de datos, cuyo resultado se recoge adecuadamente (Figura 8B).

2.2.8. Manejo de imágenes. Las imágenes de ecografía y resonancia se procesaron de acuerdo con los respectivos soft-ware de los equipos utilizados, en tanto que éstas y las demás figuras que se incluyen en el capítulo correspondiente de iconografía se trataron con el programa Adobe Photoshop CS4, sin que en ningún caso se produjese alteración de la información recogida.



### **3. RESULTADOS**

### 3. RESULTADOS

En el presente trabajo se sigue la pauta más habitual en clínica equina que consiste en asociar la región compedal con el área que tiene como base ósea a la falange proximal o hueso cuartilla de la terminología antigua (Figura 13).

#### 3.1. Anatomía.

3.1.1. Disección (Figuras 14-19). A nivel de la articulación metacarpo-falangiana hay dos formaciones asociadas directamente con las estructuras que son objeto de estudio en el presente trabajo. Por un lado está la denominada *Manica flexoria*, que es un manguito de naturaleza conjuntiva formado a partir del tendón del músculo flexor digital superficial por el que discurre el tendón del músculo flexor digital profundo. Por otro lado se encuentra el llamado en la terminología oficial *Scutum proximale*, que es una potente proyección fibrocartilaginosa del ligamento palmar, cóncava palmarmente, y que cumple con la misión de facilitar el deslizamiento de los tendones de los músculos flexores.

Distalmente a la articulación del menudillo, el tendón del músculo flexor digital superficial inicialmente es una única y fuerte banda tendinosa, aplanada en sentido dorso-palmar, que ocupa una gran extensión de la región compedal. Sin que exista un límite definido, se puede decir que en el tercio distal de la primera falange el tendón se divide en dos fuertes y cortas ramas, que facilitan el paso del tendón del músculo flexor digital profundo. En consecuencia, la apariencia del tendón cambia de acuerdo con su recorrido, y la banda tendinosa referida empieza a tener el aspecto de dos bolas cilíndricas en sección transversal a uno y otro lado de la línea media para terminar expandiéndose en los lugares de inserción. Cada una de las ramas citadas finaliza fijándose a ambos lados del *scutum*

*medium*, o refuerzo fibrocartilaginoso de la articulación interfalángica proximal, y a través de él en la primera y segunda falange.

Al contrario que en el caso anterior, el tendón del músculo flexor digital profundo tiene forma cilíndrica y no es visible por la cara palmar hasta que se produce la división del músculo descrito previamente. Su punto de fijación distal es la superficie flexora de la tercera falange. La apariencia de ese tendón tampoco es uniforme aunque las variaciones en su recorrido son de menor entidad que las que afectan al tendón del músculo anterior. La típica forma cilíndrica del tendón se aplana dorso-palmarmente y hay una ligera expansión hacia ambos lados.

Del total de ligamentos asociados a la cara palmar de la región compedal los que han sido objeto de análisis ecográfico son el ligamento sesamoideo recto y los ligamentos sesamoideos oblicuos. El primero está muy desarrollado, ocupa una posición central, tiene forma de triángulo equilátero invertida y se fija, proximalmente, en la base de los huesos sesamoideos y el *scutum proximale* y, distalmente, en el *scutum medium*, y a través de él en el trígono de la primera falange y en la tuberosidad flexora de la segunda falange. Los ligamentos sesamoideos oblicuos son tres consistentes fascículos (lateral, medio y medial), parcialmente cubiertos por el ligamento sesamoideo recto, que surgen de la base de los huesos sesamoideos proximales y se extienden hasta la parte central y distal del trígono de la falange proximal, lugar en el que las tres cintas confluyen. Puede considerarse que los fascículos lateral y medial tienen dos partes, una superficial y otra profunda. Los ligamentos sesamoideos cortos y cruzados tienen un desarrollo considerablemente menor que los anteriores y su proyección topográfica se limita a la parte proximal de la primera falange.

3.1.2. Cortes en congelación (Figuras 20, 21, 22). Como complemento a la disección de las estructuras consideradas se incluye un corte sagital de la zona de referencia, así como nueve cortes transversales correlativos. La descripción de los cortes en congelación se corresponde con absoluta exactitud a la descripción básica considerada. Adicionalmente, se debe indicar que los cortes en congelación son la referencia más fiable para las referencias de toma de imágenes ecográficas. De los nueve cortes transversales incluidos los tres primeros corresponden al área que se considera comúnmente como zona PIA o proximal, los cortes cuatro, cinco y seis ocupa la zona PIB o media, y el siete, ocho y nueve la zona PIC o distal.

3.1.3. Datos ecográficos. La figura 23 incluye, a manera de plantilla, representaciones esquemáticas básicas que facilitan la interpretación de las ecografías realizadas en los 54 casos tomados en consideración (Figuras 24-77). Con todos los datos numéricos obtenidos en la elaboración del trabajo ecográfico se elaboró una tabla de resultados (Tabla 1). A partir de esa información se procedió a su análisis pormenorizado, cuyos resultados se detallan en el siguiente epígrafe.

años			kg	cm	cm	cm	cm	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2							
								P1A					P1B					P1C												
C	E	SEXO	P	A	long	gros	anch	TFD	STFD	P	LSR	LSO	m	LSO	I	TFD	Sm	TFD	SI	TFD	P	LSR	LSO	TFD	Sm	TFD	SI	TFD	P	LSR
1	9	castrado	1	620	164	14,1	5,7	6,2	1,21	1,34	0,85	1,40	1,44	0,40	0,39	1,24	0,67	0,52	2,84	2,66	1,40	0,95								
2	6	hembra	2	580	161	13,9	5,5	6,1	1,15	1,25	0,71	1,39	1,40	0,36	0,49	1,23	0,64	0,53	2,43	2,74	1,16	0,80								
3	14	macho	3	690	171	14,3	5,8	6,4	0,99	1,42	0,78	1,71	1,78	0,34	0,52	1,23	0,65	0,47	3,13	3,33	1,44	0,98								
4	7	castrado	1	630	168	14,2	5,6	6,1	1,02	1,39	0,67	1,45	1,42	0,36	0,39	1,31	0,72	0,43	2,68	2,56	1,34	0,87								
5	7	hembra	2	550	163	14	5,4	5,9	0,90	1,21	0,68	1,28	1,45	0,36	0,48	1,29	0,71	0,42	2,44	2,62	1,39	0,99								
6	9	castrado	1	590	165	13,9	5,5	6,1	0,98	1,26	0,71	1,30	1,24	0,38	0,37	1,20	0,65	0,41	3,09	2,98	1,23	0,99								
7	15	castrado	1	650	168	14,1	5,7	6,4	1,20	1,33	0,81	1,51	1,60	0,45	0,40	1,22	0,92	0,36	2,73	2,96	1,18	0,92								
8	4	hembra	2	500	161	13,9	5,4	5,8	1,17	1,27	1,05	1,00	1,15	0,49	0,45	1,20	0,96	0,46	2,23	2,57	1,11	0,78								
9	7	macho	3	640	169	14,2	5,6	6,1	1,10	1,36	1,05	1,17	1,39	0,40	0,38	1,06	0,80	0,40	2,58	2,75	1,12	0,86								
10	11	hembra	2	580	165	14	5,5	6,1	1,10	1,33	1,15	1,30	1,04	0,48	0,37	1,08	0,93	0,56	2,40	2,47	1,04	0,91								
11	9	hembra	2	590	165	14,1	5,4	6	1,05	1,24	1,09	1,29	1,27	0,47	0,40	1,01	0,86	0,45	2,31	2,34	1,10	0,90								
12	5	hembra	2	530	167	13,9	5,6	6,1	1,13	1,15	0,99	0,96	0,99	0,40	0,40	1,09	0,73	0,45	2,14	1,90	1,06	0,86								
13	11	castrado	1	600	167	14,2	5,7	6,3	1,21	1,25	1,15	1,41	1,27	0,54	0,44	1,12	0,86	0,52	2,50	2,87	1,14	0,79								
14	12	castrado	1	550	161	14	5,4	5,9	0,96	1,07	0,62	1,10	1,12	0,40	0,33	0,88	0,68	0,45	1,73	1,89	0,95	0,95								
15	5	castrado	1	610	163	14,1	5,6	6,3	1,12	1,10	0,56	1,37	1,38	0,41	0,32	1,03	0,72	0,56	2,58	2,47	1,16	0,75								
16	12	macho	3	650	169	14,2	5,6	6,4	1,05	0,99	0,71	1,27	1,74	0,48	0,32	1,00	0,80	0,33	3,10	2,90	1,27	0,92								
17	7	hembra	2	580	165	14,1	5,5	6,1	0,95	1,01	0,81	1,41	1,74	0,42	0,39	1,18	0,69	0,42	2,66	2,98	1,00	0,84								
18	5	castrado	1	650	168	14,3	5,7	6,4	1,11	1,04	0,53	1,44	1,40	0,44	0,51	0,97	0,77	0,37	2,83	3,04	1,09	0,95								
19	16	castrado	1	640	169	14,2	5,7	6,4	1,14	1,27	0,71	1,35	1,31	0,34	0,40	1,07	0,83	0,49	2,83	2,68	1,26	0,68								
20	11	castrado	1	520	166	14	5,5	6,1	0,98	1,19	0,57	1,44	1,62	0,54	0,33	1,03	0,82	0,40	2,26	2,35	1,12	0,81								
21	6	castrado	1	530	164	13,9	5,5	6,2	0,96	1,28	0,57	1,44	1,43	0,43	0,33	1,07	0,71	0,36	2,43	2,45	1,19	0,65								
22	11	castrado	1	670	171	14,1	5,7	6,3	1,07	0,98	0,91	1,93	2,04	0,46	0,37	0,88	0,74	0,36	3,50	3,21	1,15	0,81								
23	7	castrado	1	680	171	14,3	5,7	6,4	1,02	0,95	0,92	2,18	1,75	0,41	0,41	0,92	0,64	0,46	2,87	3,62	1,07	0,91								
24	7	hembra	2	590	167	13,9	5,5	6,2	1,19	0,97	0,87	1,35	1,66	0,43	0,41	0,94	0,75	0,53	2,97	2,95	0,85	0,72								
25	5	castrado	1	660	170	14,1	5,8	6,4	1,55	1,12	0,85	1,76	1,79	0,36	0,31	0,87	0,72	0,32	3,37	3,52	1,04	0,88								
26	10	macho	3	670	168	14,2	5,6	6,3	1,05	1,18	1,02	1,72	1,52	0,38	0,36	0,89	0,87	0,40	2,88	2,96	1,04	1,08								
27	7	castrado	1	620	169	14	5,5	6,3	1,08	0,86	0,84	1,45	1,44	0,36	0,46	0,95	0,73	0,31	3,03	2,77	0,96	1,03								

Tabla 1

años			kg	cm	cm	cm	cm	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2	cm2
								P1A					P1B					P1C				
C	E	SEXO	P	A	long	gros	anch	TFDST	TFDP	LSR	LSO m	LSO l	TFDSm	TFDSI	TFDP	LSR	LSO	TFDSm	TFDSI	TFDP	LSR	
28	15	hembra	2	650	170	14	5,6	6,3	1,36	1,22	0,86	1,37	1,29	0,53	0,54	1,09	0,90	0,38	2,96	3,10	1,24	1,00
29	12	hembra	2	600	168	14,1	5,5	6,2	1,43	1,30	0,91	1,19	1,19	0,56	0,40	1,07	0,89	0,35	3,33	3,33	1,26	1,09
30	9	castrado	1	670	172	14,2	5,7	6,3	1,44	1,33	0,80	1,81	2,00	0,43	0,53	1,06	0,69	0,37	3,16	3,62	1,21	1,01
31	8	castrado	1	630	167	14	5,6	6,2	1,33	1,41	0,81	1,41	1,43	0,41	0,55	1,18	0,72	0,58	2,75	2,89	1,26	0,88
32	10	macho	3	620	169	13,9	5,5	6,3	1,01	1,13	0,61	1,34	1,57	0,39	0,35	0,92	0,53	0,63	2,45	2,78	1,01	0,58
33	8	castrado	1	600	170	14,1	5,7	6,2	0,98	1,28	0,70	1,45	1,24	0,41	0,38	1,02	0,55	0,42	3,23	3,00	1,02	0,61
34	6	castrado	1	590	166	13,9	5,5	6,1	1,19	1,17	1,08	1,34	1,18	0,42	0,45	0,87	0,72	0,32	2,35	2,60	1,24	0,84
35	7	hembra	2	560	163	13,9	5,4	6	0,86	1,17	1,11	1,20	1,39	0,47	0,48	1,09	0,92	0,65	2,13	2,32	1,29	1,04
36	9	hembra	2	620	168	14,2	5,6	6,3	1,16	1,03	0,77	1,20	1,19	0,46	0,36	1,06	0,75	0,57	3,03	2,95	1,06	0,86
37	12	castrado	1	630	169	14,1	5,7	6,2	1,58	1,11	0,93	1,34	1,29	0,57	0,46	1,01	0,77	0,38	3,08	2,96	1,21	0,78
38	16	hembra	2	530	162	13,9	5,6	6,1	1,21	1,00	1,03	1,35	1,22	0,56	0,54	0,86	0,59	0,38	2,89	2,12	0,98	0,59
39	15	hembra	2	630	168	14,2	5,6	6,3	1,23	1,11	0,97	1,51	1,54	0,55	0,52	0,99	0,69	0,37	3,25	2,81	1,09	0,74
40	8	castrado	1	690	172	14,3	5,8	6,4	1,20	1,05	0,89	2,08	2,00	0,44	0,53	1,08	0,66	0,39	3,45	3,64	1,00	0,86
41	6	macho	3	680	170	14,3	5,7	6,3	1,26	1,22	1,23	2,12	1,58	0,59	0,41	0,97	0,73	0,33	3,13	3,39	1,12	0,64
42	12	castrado	1	600	165	14,2	5,5	6,1	1,12	1,13	0,72	2,32	2,19	0,46	0,54	0,98	0,58	0,36	2,96	2,86	1,10	0,82
43	12	hembra	2	630	165	14,2	5,6	6,1	1,33	1,24	1,03	1,88	1,65	0,51	0,42	1,09	0,74	0,31	2,93	2,88	1,23	0,81
44	9	castrado	1	610	162	14,3	5,5	6,2	1,32	1,23	1,31	1,26	1,60	0,47	0,48	1,34	0,92	0,35	2,74	2,96	1,29	0,79
45	6	hembra	2	610	162	14	5,5	6,1	1,31	1,31	1,03	1,17	1,34	0,44	0,51	1,20	0,92	0,51	2,77	2,96	1,11	0,88
46	8	castrado	1	590	165	14,2	5,6	6,1	1,21	1,27	1,08	1,25	1,48	0,46	0,41	1,10	0,84	0,48	2,86	2,65	1,19	0,99
47	13	hembra	2	610	166	14,1	5,7	6,2	1,37	1,16	1,00	1,74	1,42	0,44	0,41	1,16	0,84	0,52	2,77	2,42	1,33	0,94
48	11	castrado	1	650	163	14,2	5,6	6,1	1,09	1,00	1,08	1,98	1,57	0,43	0,44	0,94	0,92	0,30	2,62	2,33	1,11	1,04
49	8	castrado	1	660	169	14,3	5,8	6,3	1,30	1,13	0,93	2,13	1,74	0,56	0,44	1,12	0,84	0,45	3,25	3,13	1,21	1,09
50	7	macho	3	590	168	14,1	5,5	6,1	1,10	1,21	0,82	1,32	1,10	0,45	0,35	1,01	0,83	0,29	2,95	2,64	1,15	0,75
51	12	hembra	2	590	164	14,1	5,6	6,1	1,26	1,29	0,69	1,50	1,17	0,38	0,34	1,15	1,04	0,39	2,57	2,59	1,19	0,75
52	6	hembra	2	540	163	14,1	5,4	6	1,06	1,14	0,99	1,26	1,28	0,41	0,39	0,80	0,67	0,38	2,11	2,06	1,04	0,79
53	7	castrado	1	580	165	14,1	5,5	6	1,19	0,99	0,95	1,43	1,39	0,49	0,47	0,89	0,57	0,38	2,32	2,26	0,97	0,76
54	8	hembra	2	630	168	14,2	5,5	6,2	1,12	1,09	0,95	1,37	1,43	0,47	0,33	1,05	0,76	0,29	2,58	2,72	1,04	0,90

### 3.2. Informe estadístico.

Se presentan en este capítulo los resultados del análisis estadístico realizado. En primer lugar figuran los resultados obtenidos al aplicar el modelo factorial completo para todas las variables investigadas con el objetivo de detectar diferencias significativas de acuerdo con dos factores tratamiento, "Sexo" y "Edad", con tres y dos niveles respectivamente:

- factor tratamiento "Sexo": Castrados, Hembras y Machos
- factor tratamiento "Edad": Hasta los nueve años y De nueve años o más.

Se completa este primer apartado con tablas que recogen los principales estadísticos descriptivos correspondientes al conjunto de los datos y a los grupos de animales obtenidos por su clasificación según el factor tratamiento sexo cuyos efectos significativos han sido detectados, es decir grupos de hembras, machos y castrados.

Se presentan a continuación los resultados de las pruebas de contraste de medias (análisis de varianza simple) de las variables para las cuales el factor tratamiento "Sexo" ha resultado significativo: Alzada, Peso, Longitud, Grosor, Anchura, LSOma, LSOla y LSOB.

Para cada variable se presentan previamente los diagramas de caja (boxplots) correspondientes, globales y por categorías de sexo, que permiten visualizar determinados valores y estadísticos de las variables y detectar la presencia de valores anómalos.

Por último se ofrecen los resultados correspondientes a los análisis de regresión. El objetivo es construir modelos de regresión que consideren variables de difícil acceso como variables respuesta y expresarlas en función de otras de fácil acceso, que serían las variables explicativas. Una vez establecidas las relaciones y ajustados los modelos, sería posible efectuar predicciones de las variables respuesta en base a las mediciones de las variables explicativas.

En primer lugar se presentan los resultados de los modelos de regresión de las variables Longitud, Grosor, Anchura y distintas Áreas, como variables respuesta, sobre Peso y Alzada como variables explicativas, y a continuación los resultados de los modelos de regresión de las variables Áreas, como variables respuesta, sobre Longitud, Anchura y Grosor como variables explicativas.

## 3.2.1. Modelo factorial completo: Sexo y Edad

## Análisis de varianza

Factores inter-sujetos		N
<b>SEXO</b>	Castrados	27
	Hembras	20
	Machos	7
<b>EDAD</b>	Menos de 9 años	27
	9 años ó más	27

## a. Alzada

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	131,700 <sup>a</sup>	5	26,340	3,575	,008
Intersección	1078268,311	1	1078268,311	146357,391	,000
<b>SEXO</b>	<b>95,329</b>	<b>2</b>	<b>47,665</b>	<b>6,470</b>	<b>,003</b>
EDAD	1,105	1	1,105	,150	,700
SEXO * EDAD	33,897	2	16,949	2,300	,111
Error	353,634	48	7,367		
Total	1498486,000	54			
Total corregido	485,333	53			

R cuadrado = ,271 (R cuadrado corregida = ,195)

## b. Peso

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	32822,135 <sup>a</sup>	5	6564,427	3,990	,004
Intersección	1,471E7	1	1,471E7	8942,854	,000
<b>SEXO</b>	<b>24172,822</b>	<b>2</b>	<b>12086,411</b>	<b>7,346</b>	<b>,002</b>
EDAD	2615,143	1	2615,143	1,590	,213
SEXO * EDAD	5568,590	2	2784,295	1,692	,195
Error	78970,458	48	1645,218		
Total	2,023E7	54			
Total corregido	111792,593	53			

R cuadrado = ,294 (R cuadrado corregida = ,220)



## c. Longitud

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,180 <sup>a</sup>	5	,036	2,406	,050
Intersección	7696,788	1	7696,788	513369,914	,000
SEXO	,129	2	,064	4,287	,019
EDAD	,002	1	,002	,142	,708
SEXO * EDAD	,044	2	,022	1,464	,241
Error	,720	48	,015		
Total	10736,640	54			
Total corregido	,900	53			

R cuadrado = ,200 (R cuadrado corregida = ,117)

## d. Grosor

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,184 <sup>a</sup>	5	,037	3,601	,008
Intersección	1205,143	1	1205,143	117844,684	,000
SEXO	,126	2	,063	6,147	,004
EDAD	,010	1	,010	,987	,325
SEXO * EDAD	,047	2	,024	2,301	,111
Error	,491	48	,010		
Total	1684,050	54			
Total corregido	,675	53			

R cuadrado = ,273 (R cuadrado corregida = ,197)

## e. Anchura

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,344 <sup>a</sup>	5	,069	4,362	,002
Intersección	1483,674	1	1483,674	94083,016	,000
SEXO	,185	2	,093	5,870	,005
EDAD	,073	1	,073	4,618	,037
SEXO * EDAD	,113	2	,056	3,581	,036
Error	,757	48	,016		
Total	2068,190	54			
Total corregido	1,101	53			

R cuadrado = ,312 (R cuadrado corregida = ,241)

## f. TFDSa

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,215 <sup>a</sup>	5	,043	1,929	,107
Intersección	50,373	1	50,373	2260,881	,000
SEXO	,037	2	,019	,841	,438
EDAD	,003	1	,003	,136	,714
SEXO * EDAD	,130	2	,065	2,911	,064
Error	1,069	48	,022		
Total	73,530	54			
Total corregido	1,284	53			

R cuadrado = ,167 (R cuadrado corregida = ,081)

## g. TFDPa

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,045 <sup>a</sup>	5	,009	,499	,776
Intersección	54,558	1	54,558	3017,218	,000
SEXO	,016	2	,008	,434	,651
EDAD	6,758E-6	1	6,758E-6	,000	,985
SEXO * EDAD	,024	2	,012	,651	,526
Error	,868	48	,018		
Total	75,655	54			
Total corregido	,913	53			

R cuadrado = ,049 (R cuadrado corregida = -,050)

## h. LSRa

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,243 <sup>a</sup>	5	,049	1,519	,202
Intersección	30,772	1	30,772	959,917	,000
SEXO	,116	2	,058	1,813	,174
EDAD	,033	1	,033	1,037	,314
SEXO * EDAD	,129	2	,065	2,016	,144
Error	1,539	48	,032		
Total	43,494	54			
Total corregido	1,782	53			

R cuadrado = ,137 (R cuadrado corregida = ,047)

## i. LSOma

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,831 <sup>a</sup>	5	,166	1,918	,109
Intersección	84,122	1	84,122	970,794	,000
SEXO	,631	2	,316	3,643	,034
EDAD	,019	1	,019	,219	,642
SEXO * EDAD	,162	2	,081	,933	,401
Error	4,159	48	,087		
Total	122,622	54			
Total corregido	4,991	53			

R cuadrado = ,167 (R cuadrado corregida = ,080)

## j. LSOla

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,662 <sup>a</sup>	5	,132	2,158	,074
Intersección	82,288	1	82,288	1340,579	,000
SEXO	,442	2	,221	3,602	,035
EDAD	,076	1	,076	1,243	,270
SEXO * EDAD	,192	2	,096	1,560	,221
Error	2,946	48	,061		
Total	118,744	54			
Total corregido	3,609	53			

R cuadrado = ,184 (R cuadrado corregida = ,098)

## k. TFDSmb

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,046 <sup>a</sup>	5	,009	2,614	,036
Intersección	7,673	1	7,673	2157,940	,000
SEXO	,005	2	,003	,768	,469
EDAD	,000	1	,000	,046	,831
SEXO * EDAD	,029	2	,015	4,130	,022
Error	,171	48	,004		
Total	10,928	54			
Total corregido	,217	53			

R cuadrado = ,214 (R cuadrado corregida = ,132)

## l. TFDSIb

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,012 <sup>a</sup>	5	,002	,489	,783
Intersección	6,589	1	6,589	1332,333	,000
SEXO	,012	2	,006	1,202	,309
EDAD	1,128E-7	1	1,128E-7	,000	,996
SEXO * EDAD	,000	2	9,539E-5	,019	,981
Error	,237	48	,005		
Total	9,842	54			
Total corregido	,249	53			

R cuadrado = ,048 (R cuadrado corregida = -,051)

## m. TFDpb

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,056 <sup>a</sup>	5	,011	,676	,644
Intersección	42,439	1	42,439	2556,826	,000
SEXO	,027	2	,014	,816	,448
EDAD	5,052E-5	1	5,052E-5	,003	,956
SEXO * EDAD	,028	2	,014	,842	,437
Error	,797	48	,017		
Total	61,146	54			
Total corregido	,853	53			

R cuadrado = ,066 (R cuadrado corregida = -,032)

## n. LSRb

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,243 <sup>a</sup>	5	,049	1,519	,202
Intersección	30,772	1	30,772	959,917	,000
SEXO	,116	2	,058	1,813	,174
EDAD	,033	1	,033	1,037	,314
SEXO * EDAD	,129	2	,065	2,016	,144
Error	1,539	48	,032		
Total	43,494	54			
Total corregido	1,782	53			

R cuadrado = ,137 (R cuadrado corregida = ,047)

## o. LSOB

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,831 <sup>a</sup>	5	,166	1,918	,109
Intersección	84,122	1	84,122	970,794	,000
SEXO	,631	2	,316	3,643	,034
EDAD	,019	1	,019	,219	,642
SEXO * EDAD	,162	2	,081	,933	,401
Error	4,159	48	,087		
Total	122,622	54			
Total corregido	4,991	53			

R cuadrado = ,167 (R cuadrado corregida = ,080)

p. TFDSmc

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,046 <sup>a</sup>	5	,009	2,614	,036
Intersección	7,673	1	7,673	2157,940	,000
SEXO	,005	2	,003	,768	,469
EDAD	,000	1	,000	,046	,831
SEXO * EDAD	,029	2	,015	4,130	,022
Error	,171	48	,004		
Total	10,928	54			
Total corregido	,217	53			

R cuadrado = ,214 (R cuadrado corregida = ,132)

q. TFDSLc

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,012 <sup>a</sup>	5	,002	,489	,783
Intersección	6,589	1	6,589	1332,333	,000
SEXO	,012	2	,006	1,202	,309
EDAD	1,128E-7	1	1,128E-7	,000	,996
SEXO * EDAD	,000	2	9,539E-5	,019	,981
Error	,237	48	,005		
Total	9,842	54			
Total corregido	,249	53			

R cuadrado = ,048 (R cuadrado corregida = -,051)

r. TFDPC

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,056 <sup>a</sup>	5	,011	,676	,644
Intersección	42,439	1	42,439	2556,826	,000
SEXO	,027	2	,014	,816	,448
EDAD	5,052E-5	1	5,052E-5	,003	,956
SEXO * EDAD	,028	2	,014	,842	,437
Error	,797	48	,017		
Total	61,146	54			
Total corregido	,853	53			

R cuadrado = ,066 (R cuadrado corregida = -,032)

#### s. LSRc

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,093 <sup>a</sup>	5	,019	1,496	,209
Intersección	22,496	1	22,496	1805,942	,000
SEXO	,041	2	,020	1,639	,205
EDAD	,002	1	,002	,131	,719
SEXO * EDAD	,027	2	,013	1,081	,347
Error	,598	48	,012		
Total	32,049	54			
Total corregido	,691	53			

R cuadrado = ,135 (R cuadrado corregida = ,045)

### 3.2.2. Estadística descriptiva

Tabla global (todos los datos)

	<b>media</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>C.V..</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Med.</b>	<b>1<sup>er</sup> Q</b>	<b>3<sup>er</sup> Q</b>
PESO	610,37	45,93	0,08	500,00	690,00	610,00	590,00	647,50
ALZADA	166,56	3,03	0,02	161,00	172,00	167,00	164,25	169,00
LONGITUD	14,10	0,13	0,01	13,90	14,30	14,10	14,00	14,20
GROSOR	5,58	0,11	0,02	5,40	5,80	5,60	5,50	5,70
ANCHURA	6,19	0,14	0,02	5,80	6,40	6,20	6,10	6,30
TFDSa	1,16	0,16	0,13	0,86	1,58	1,14	1,05	1,23
TFDPa	1,18	0,13	0,11	0,86	1,42	1,19	1,09	1,27
LSRa	0,88	0,18	0,21	0,53	1,31	0,88	0,71	1,03
LSOma	1,48	0,31	0,21	0,96	2,32	1,40	1,29	1,51
LSOla	1,46	0,26	0,18	0,99	2,19	1,43	1,27	1,60
TFDSmb	0,45	0,06	0,14	0,34	0,59	0,44	0,40	0,48
TFDSlb	0,42	0,07	0,16	0,31	0,55	0,41	0,37	0,48
TFDPb	1,06	0,13	0,12	0,80	1,34	1,06	0,97	1,14
LSRb	0,76	0,11	0,15	0,53	1,04	0,74	0,69	0,84
LSOb	0,42	0,09	0,21	0,29	0,65	0,40	0,36	0,48
TFDSmc	2,76	0,38	0,14	1,73	3,50	2,80	2,46	3,03
TFDSLc	2,79	0,41	0,15	1,89	3,64	2,80	2,56	2,98
TFDPc	1,14	0,12	0,11	0,85	1,44	1,13	1,05	1,23
LSRc	0,86	0,13	0,15	0,58	1,09	0,86	0,78	0,95

Tabla para el grupo de hembras

	<b>media</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>C.V..</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Med.</b>	<b>1<sup>er</sup> Q</b>	<b>3<sup>er</sup> Q</b>
PESO	585,00	39,93	0,07	500,00	650,00	590,00	557,5	612,5
ALZADA	165,05	2,65	0,02	161,00	170,00	165,00	163,0	167,3
LONGITUD	14,04	0,11	0,01	13,90	14,20	14,05	13,9	14,1
GROSOR	5,52	0,09	0,02	5,40	5,70	5,50	5,5	5,6
ANCHURA	6,11	0,13	0,02	5,80	6,30	6,10	6,1	6,2
TFDSa	1,17	0,15	0,13	0,86	1,43	1,17	1,1	1,3
TFDPa	1,17	0,11	0,09	0,97	1,33	1,19	1,1	1,3
LSRa	0,93	0,14	0,15	0,68	1,15	0,98	0,8	1,0
LSOma	1,34	0,22	0,16	0,96	1,88	1,33	1,2	1,4
LSOla	1,34	0,20	0,15	0,99	1,74	1,32	1,2	1,4
TFDSmb	0,46	0,06	0,13	0,36	0,56	0,47	0,4	0,5
TFDSlb	0,43	0,07	0,15	0,33	0,54	0,41	0,4	0,5
TFDPb	1,08	0,12	0,11	0,80	1,29	1,09	1,0	1,2
LSRb	0,80	0,12	0,15	0,59	1,04	0,76	0,7	0,9
LSOb	0,45	0,09	0,21	0,29	0,65	0,44	0,4	0,5
TFDSmc	2,65	0,37	0,14	2,11	3,33	2,62	2,4	2,9
TFDSLc	2,64	0,37	0,14	1,90	3,33	2,67	2,4	3,0
TFDPc	1,13	0,13	0,12	0,85	1,39	1,11	1,0	1,2
LSRc	0,86	0,12	0,14	0,59	1,09	0,86	0,8	0,9

Tabla para el grupo de machos

	<b>media</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>C.V..</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Med.</b>	<b>1<sup>er</sup> Q</b>	<b>3<sup>er</sup> Q</b>
PESO	648,57	35,32	0,05	590,00	690,00	650,00	630,00	675,00
ALZADA	169,14	1,07	0,01	168,00	171,00	169,00	168,50	169,50
LONGITUD	14,17	0,14	0,01	13,90	14,30	14,20	14,15	14,25
GROSOR	5,61	0,11	0,02	5,50	5,80	5,60	5,55	5,65
ANCHURA	6,27	0,13	0,02	6,10	6,40	6,30	6,20	6,35
TFDSa	1,08	0,09	0,08	0,99	1,26	1,05	1,03	1,10
TFDPa	1,22	0,14	0,12	0,99	1,42	1,21	1,16	1,29
LSRa	0,89	0,22	0,25	0,61	1,23	0,82	0,75	1,04
LSOma	1,52	0,34	0,22	1,17	2,12	1,34	1,30	1,72
LSOla	1,53	0,23	0,15	1,10	1,78	1,57	1,46	1,66
TFDSmb	0,43	0,08	0,19	0,34	0,59	0,40	0,39	0,47
TFDSlb	0,38	0,07	0,17	0,32	0,52	0,36	0,35	0,40
TFDPb	1,01	0,11	0,11	0,89	1,23	1,00	0,95	1,04
LSRb	0,74	0,12	0,16	0,53	0,87	0,80	0,69	0,82
LSOb	0,41	0,11	0,28	0,29	0,63	0,40	0,33	0,44
TFDSmc	2,89	0,27	0,10	2,45	3,13	2,95	2,73	3,12
TFDSLc	2,96	0,29	0,10	2,64	3,39	2,90	2,77	3,15
TFDPc	1,16	0,15	0,13	1,01	1,44	1,12	1,08	1,21
LSRc	0,83	0,18	0,22	0,58	1,08	0,86	0,70	0,95

Tabla para el grupo de castrados

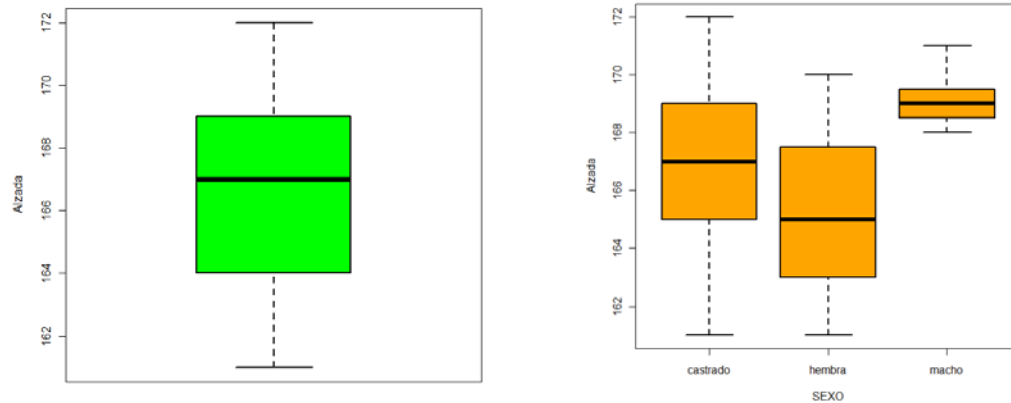
	<b>media</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>C.V..</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Med.</b>	<b>1<sup>er</sup> Q</b>	<b>3<sup>er</sup> Q</b>
PESO	619,26	43,32	0,07	520,00	690,00	620,00	595,00	650,00
ALZADA	167,00	3,09	0,02	161,00	172,00	167,00	165,00	169,00
LONGITUD	14,13	0,13	0,01	13,90	14,30	14,10	14,05	14,20
GROSOR	5,62	0,11	0,02	5,40	5,80	5,60	5,50	5,70
ANCHURA	6,22	0,14	0,02	5,90	6,40	6,20	6,10	6,30
TFDSa	1,17	0,17	0,14	0,96	1,58	1,14	1,05	1,21
TFDPa	1,17	0,14	0,12	0,86	1,41	1,17	1,06	1,28
LSRa	0,84	0,20	0,23	0,53	1,31	0,84	0,71	0,93
LSOma	1,57	0,33	0,21	1,10	2,32	1,44	1,36	1,79
LSOla	1,53	0,28	0,18	1,12	2,19	1,44	1,35	1,68
TFDSmb	0,44	0,06	0,14	0,34	0,57	0,43	0,41	0,46
TFDSlb	0,42	0,07	0,17	0,31	0,55	0,41	0,38	0,47
TFDPb	1,05	0,13	0,13	0,87	1,34	1,03	0,95	1,12
LSRb	0,74	0,10	0,14	0,55	0,92	0,72	0,68	0,83
LSOb	0,41	0,08	0,19	0,30	0,58	0,39	0,36	0,46
TFDSmc	2,82	0,40	0,14	1,73	3,50	2,83	2,60	3,09
TFDSLc	2,85	0,44	0,15	1,89	3,64	2,87	2,58	3,02
TFDPc	1,15	0,12	0,10	0,95	1,40	1,16	1,08	1,22
LSRc	0,87	0,12	0,14	0,61	1,09	0,87	0,79	0,95

### 3.2.3. Contraste de medias



a. ANOVA Alzada - Sexo

Diagramas de caja:



Analysis of Variance Table						
Response: datos\$ALZADA						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos\$SEXO	2	97.53	48.763	6.4128	0.003279	**
Residuals	51	387.81	7.604			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor = 0.003279 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

Analysis of Variance Table						
Response: datos2\$ALZADA						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos2\$SEXO	1	86.86	86.860	15.532	0.0005763	***
Residuals	25	139.81	5.592			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor = 0.0005763 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

Analysis of Variance Table						
Response: datos3\$ALZADA						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos3\$SEXO	1	25.525	25.5252	3.205	0.08288	.
Residuals	32	254.857	7.9643			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor =  $0.08288 > 0.05$ : se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

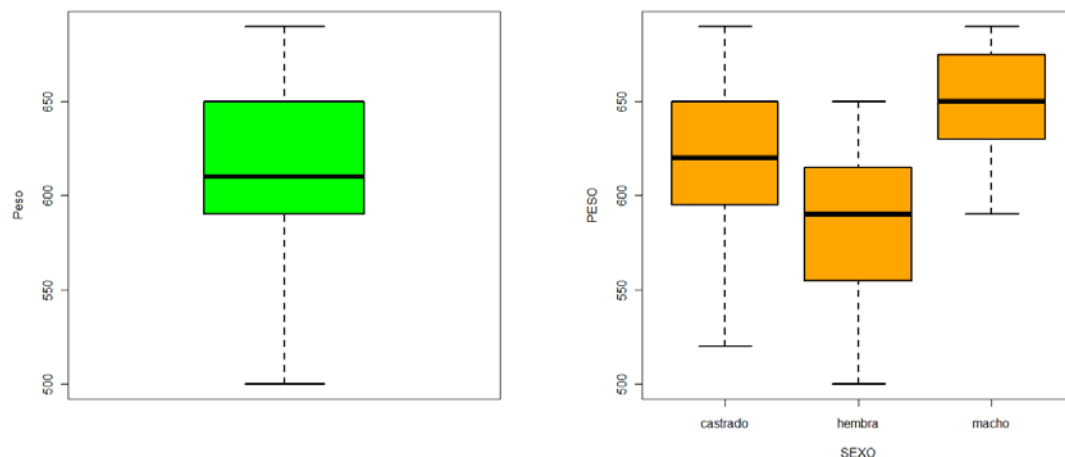
- hembras y castrados:

Analysis of Variance Table						
Response: datos4\$ALZADA						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos4\$SEXO	1	43.69	43.688	5.1607	0.02793	*
Residuals	45	380.95	8.466			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor =  $0.02793 < 0.05$ : se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

#### b. ANOVA Peso - Sexo

Diagramas de caja:



Analysis of Variance Table						
Response: datos\$PESO						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos\$SEXO	2	25222	12610.8	7.4292	0.001474	**
Residuals	51	86571	1697.5			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor =  $0.001474 < 0.05$ : se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

Analysis of Variance Table						
Response: datos2\$PESO						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos2\$SEXO	1	20955	20955.0	13.864	0.001004	**
Residuals	25	37786	1511.4			

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

p-valor = 0.001004 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

Analysis of Variance Table

Response: datos3\$PESO

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
datos3\$SEXO	1	4776	4776.2	2.7161	0.1091
Residuals	32	56271	1758.5		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

p-valor = 0.1091 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

- hembras y castrados:

Analysis of Variance Table

Response: datos4\$PESO

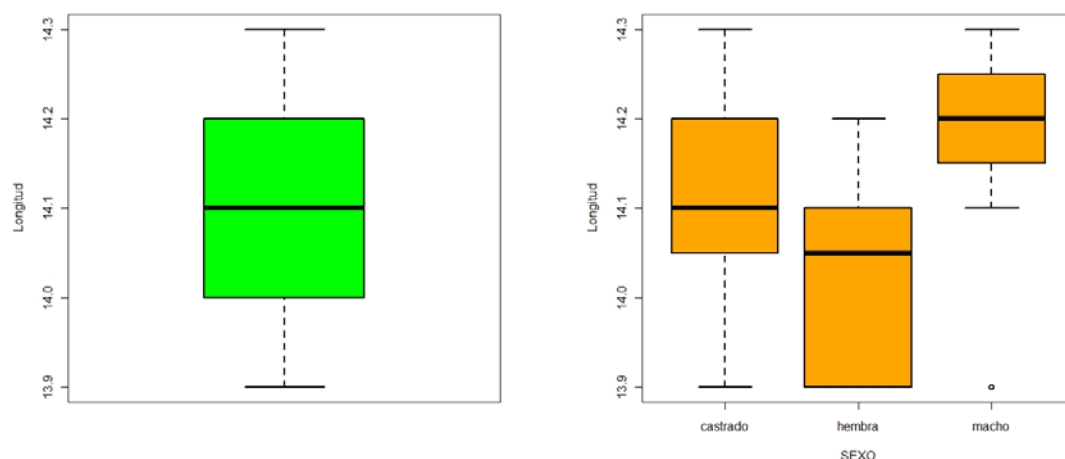
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
datos4\$SEXO	1	13485	13485.0	7.6731	0.008116 **
Residuals	45	79085	1757.4		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

p-valor = 0.008116 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

### c. ANOVA Longitud - Sexo

Diagramas de caja:



Se observa un dato atípico en el diagrama de machos.

Analysis of Variance Table

Response: datos\$long

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
--	----	--------	---------	---------	--------

```

datos$SEXO  2 0.12586 0.062931  4.1459 0.02146 *
Residuals    51 0.77414 0.015179
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.02146 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos2$long
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos2$SEXO  1 0.08957 0.089566  6.1806 0.01996 *
Residuals    25 0.36229 0.014491
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.01996 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos3$long
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos3$SEXO  1 0.01151 0.011510   0.7 0.409
Residuals    32 0.52614 0.016442

```

p-valor = 0.409 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

- hembras y castrados:

```

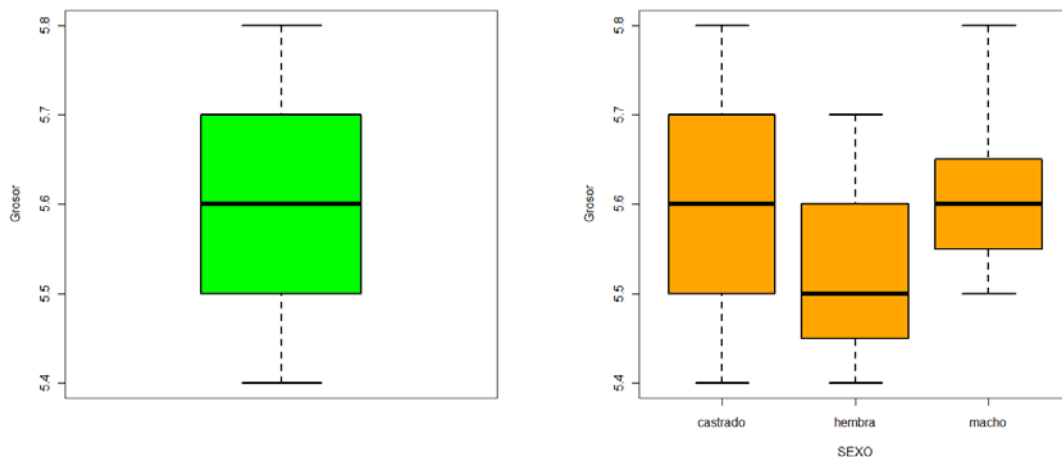
Analysis of Variance Table
Response: datos4$long
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos4$SEXO  1 0.08483 0.084829  5.7851 0.02034 *
Residuals    45 0.65985 0.014663
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.02034 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

#### d. ANOVA Grosor - Sexo

Diagramas de caja:



```

Analysis of Variance Table
Response: datos$gros
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos$SEXO    2 0.12776  0.063881   5.9534 0.004745 **
Residuals    51 0.54724  0.010730
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.004745 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos2$gros
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos2$SEXO    1 0.046095  0.046095   5.2245 0.03102 *
Residuals     25 0.220571  0.008823
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.03102 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos3$gros
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos3$SEXO    1 0.00035  0.0003501   0.0283 0.8674
Residuals     32 0.39524  0.0123512
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.8674 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

- hembras y castrados:

```

Analysis of Variance Table

```

```

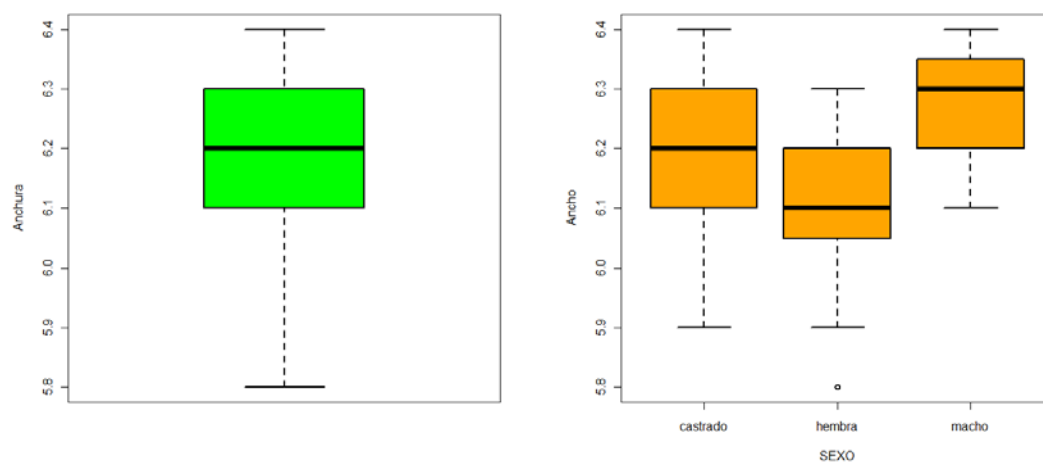
Response: datos4$gros
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos4$SEXO  1 0.12006 0.120057  11.287 0.001598 **
Residuals    45 0.47867 0.010637
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.001598 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

#### e. ANOVA Anchura - Sexo

##### Diagramas de caja:



Se observa un dato atípico en el diagrama de hembras.

```

Analysis of Variance Table
Response: datos$anch
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos$SEXO    2 0.20197 0.100987  5.7293 0.005694 **
Residuals    51 0.89895 0.017627
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.005694 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos2$anch
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos2$SEXO   1 0.13512 0.135122  8.1934 0.008382 **
Residuals    25 0.41229 0.016491
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.008382 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

Analysis of Variance Table					
Response: datos3\$anch					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
datos3\$SEXO	1	0.01346	0.013459	0.7414	0.3956
Residuals	32	0.58095	0.018155		
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

p-valor = 0.3956 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

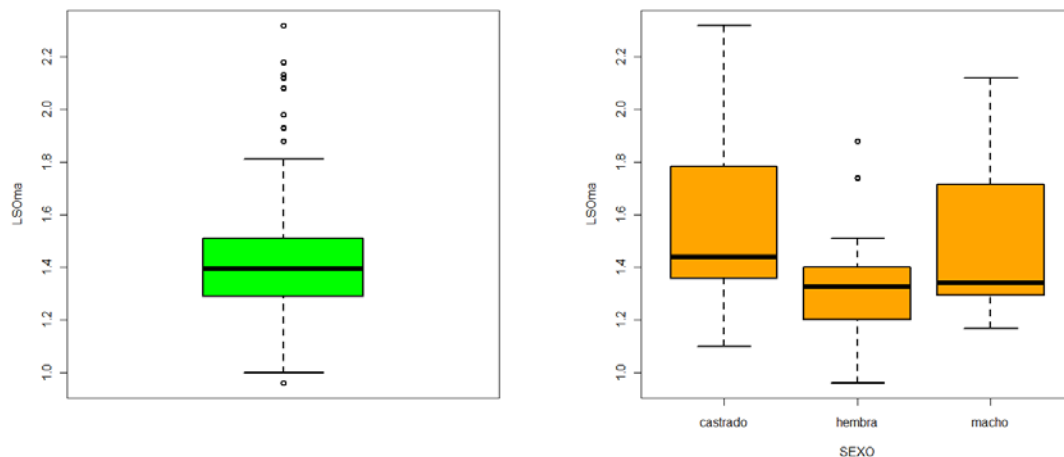
- hembras y castrados:

Analysis of Variance Table					
Response: datos4\$anch					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
datos4\$SEXO	1	0.14470	0.144695	8.0919	0.006668 **
Residuals	45	0.80467	0.017881		
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

p-valor = 0.006668 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

f. ANOVA LSOMA - Sexo

Diagramas de caja:



Se observan 8 y 2 datos atípicos en el diagrama global y de hembras.

Analysis of Variance Table					
Response: datos\$LSOMA					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
datos\$SEXO	2	0.6339	0.31694	3.7101	0.03131 *
Residuals	51	4.3566	0.08542		
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

p-valor = 0.03131 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

Analysis of Variance Table						
Response: datos2\$LSOma						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos2\$SEXO	1	0.17829	0.178286	2.8329	0.1048	
Residuals	25	1.57337	0.062935			
Signif. codes:	0	****	0.001	***	0.01	**
				0.05	.	0.1
						1

p-valor = 0.1048 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

Analysis of Variance Table						
Response: datos3\$LSOma						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos3\$SEXO	1	0.0119	0.011942	0.1099	0.7424	
Residuals	32	3.4768	0.108649			
Signif. codes:	0	****	0.001	***	0.01	**
				0.05	.	0.1
						1

p-valor = 0.7424 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

- hembras y castrados:

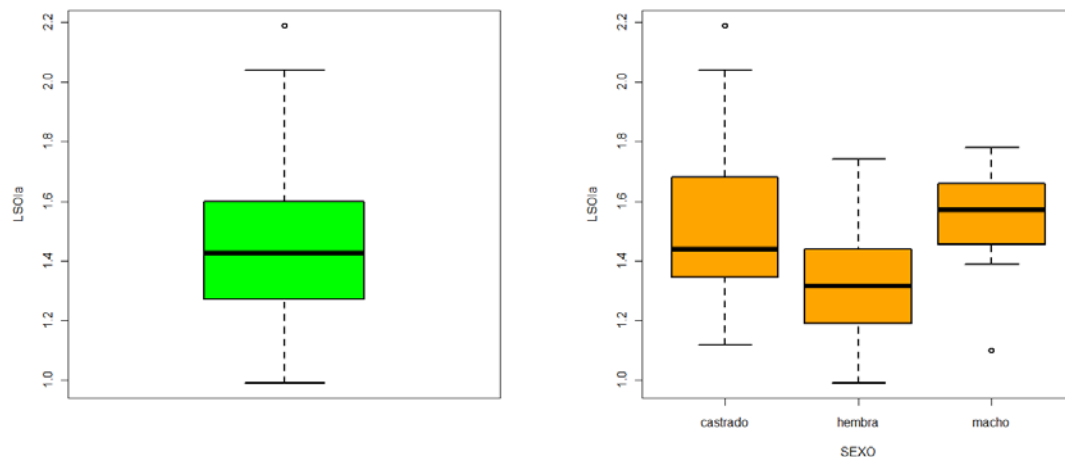
Analysis of Variance Table						
Response: datos4\$LSOma						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos4\$SEXO	1	0.6172	0.61722	7.5822	0.008472	**
Residuals	45	3.6631	0.08140			
Signif. codes:	0	****	0.001	***	0.01	**
				0.05	.	0.1
						1

p-valor = 0.008472 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

g. ANOVA LSOla - Sexo

Diagramas de caja:





Se observa un dato atípico en el diagrama global y en las categorías de castrados y de machos.

```

Analysis of Variance Table
Response: datos$LSOLa
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos$SEXO    2 0.45522  0.227612   3.6811 0.03211 *
Residuals    51 3.15347  0.061833
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.03211 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias. Se procede a la comparación de los tres grupos por pares:

- hembras y machos:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos2$LSOLa
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos2$SEXO   1 0.17787  0.177874   4.0638 0.05468 .
Residuals     25 1.09427  0.043771
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.05468 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

- machos y castrados:

```

Analysis of Variance Table
Response: datos3$LSOLa
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
datos3$SEXO   1 0.00021  0.000209  0.0028  0.958
Residuals    32 2.37438  0.074199
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

p-valor = 0.958 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

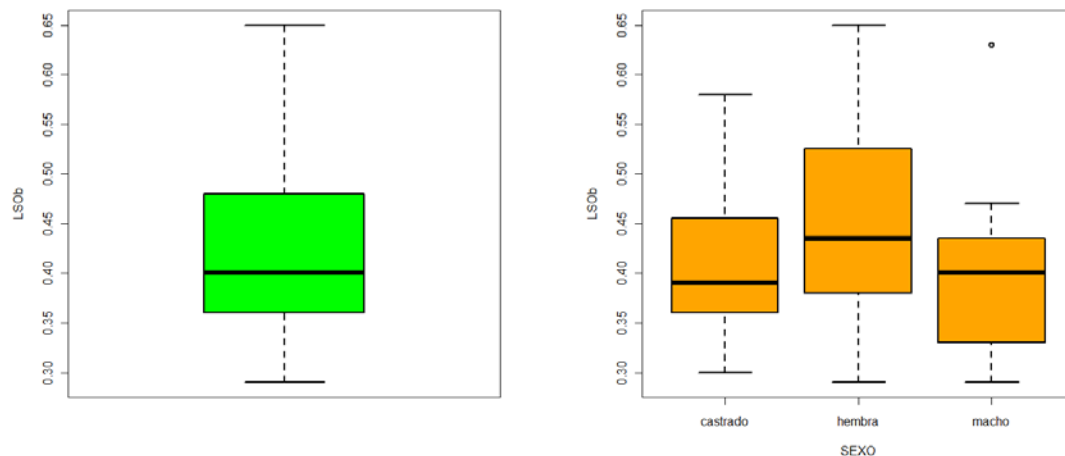
- hembras y castrados:

Analysis of Variance Table						
Response: datos4\$LSOla						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos4\$SEXO	1	0.42069	0.42069	6.6698	0.01313	*
Residuals	45	2.83830	0.06307			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor = 0.01313 < 0.05: se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

#### h. ANOVA LSO<sub>b</sub> - Sexo

Diagramas de caja:



Se observa un dato atípico en la categoría de machos.

Analysis of Variance Table						
Response: datos\$LSOb						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
datos\$SEXO	2	0.01614	0.0080710	1.0314	0.3638	
Residuals	51	0.39909	0.0078253			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

p-valor = 0.3638 > 0.05: se acepta la hipótesis de igualdad de medias.

#### 3.2.4. Modelos de regresión

En esta parte del estudio se presentan los resultados de las regresiones de diverso tipo realizadas sobre las variables explicativas Peso y Alzada (apartado 3.2.4.1.), y sobre las variables explicativas Longitud, Grosor y Anchura (apartado 3.2.4.2.).

Se recogen en todos los casos los datos de los modelos originales, es decir con todas las variables explicativas señaladas, y en caso necesario se prosigue con el análisis estadístico procediendo a la simplificación de estos modelos complejos mediante construcción sistemática con procedimiento stepwise de tipo backward con criterio AIC.

La elección de los modelos en cada caso se realiza teniendo en cuenta su grado de complejidad y coeficiente de determinación.

En efecto, en determinadas circunstancias una moderada mejora alcanzada en el valor del coeficiente de determinación puede no ser suficiente para compensar la mayor complejidad que se introduce al utilizar modelos multivariantes en lugar de modelos más sencillos o univariantes.

En determinados casos en los que ninguna de las variables explicativas ha resultado significativa se ha continuado el estudio procediendo a la eliminación de la o las variables con mayor p-valor para obtener un modelo simplificado de interés para los objetivos del trabajo.

Asimismo se ha aplicado ese procedimiento en algunos casos en los que alguna variable ha podido resultar significativa, si así se ha estimado conveniente para obtener un modelo de interés en vista a su futura aplicación práctica en la clínica equina.

Por el contrario, y de acuerdo con el mismo criterio, en algunos casos se ha elegido no proseguir con el análisis estadístico a la vista de los resultados alcanzados, después de comprobar el comportamiento de las variables investigadas.

Los cuadros de los modelos de regresión se acompañan de las ecuaciones de regresión de primer o segundo grado obtenidas y de las representaciones gráficas correspondientes en su caso.

### 3.2.4.1. Regresiones sobre Peso y Alzada

A continuación se presentan los modelos de regresión sobre Peso y Alzada planificados secuencialmente de acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente.

En el caso de las variables para las cuales se han detectado efectos significativos del factor tratamiento Sexo en la primera parte del estudio estadístico, se presenta también el modelo de regresión global, es decir para todos los datos.

Para las dos áreas LSOMA y LSOLA, en las cuales el contraste de medias no ha detectado diferencias entre hembras y machos por un lado, ni entre machos y castrados por otro, pero sí entre hembras y castrados, se presentan modelos de machos y castrados frente a hembras, y de machos y hembras frente a castrados.

#### a. Regresión para Longitud

##### I. Modelo de regresión para machos y castrados

```
> summary(lm(long~PESO+ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.20800 -0.05207  0.03281  0.05927  0.14939
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 14.2405241  1.1408966  12.482 1.26e-13 ***
PESO          0.0023678  0.0005455   4.341 0.00014 ***
ALZADA       -0.0094710  0.0080487  -1.177 0.24827
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09798 on 31 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4464,    Adjusted R-squared: 0.4107
F-statistic: 12.5 on 2 and 31 DF, p-value: 0.0001045
```

```
> summary(lm(long~PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.22509 -0.04983  0.01709  0.05837  0.19418
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 12.930256  0.250034  51.714 < 2e-16 ***
PESO          0.001927  0.000399   4.831 3.25e-05 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09857 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4217,    Adjusted R-squared: 0.4036
F-statistic: 23.33 on 1 and 32 DF, p-value: 3.25e-05
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$

$$\text{Longitud} = 12.93 + 0.0019 \cdot \text{peso} \pm 0.09857$$



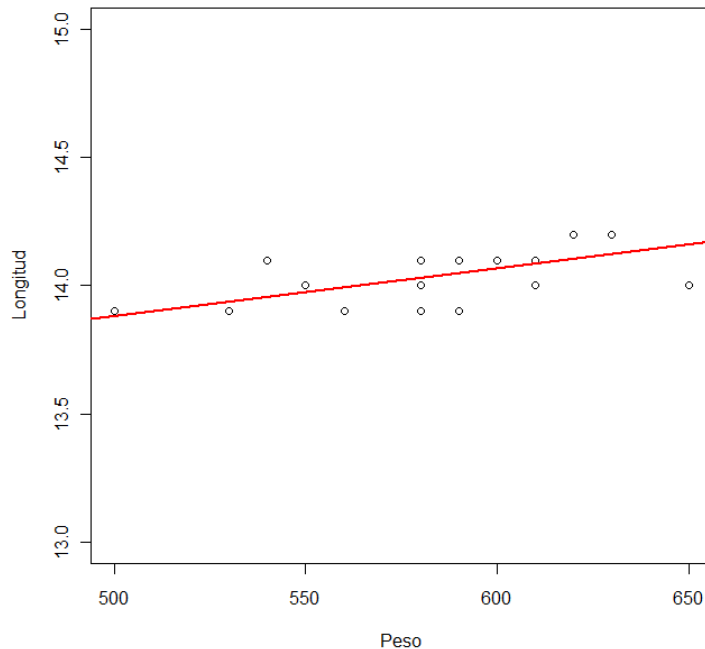
## II. Modelo de regresión para hembras

```
> summary(lm(long~PESO+ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.16887 -0.05957  0.02062  0.06960  0.14351
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 12.380261   1.510015   8.199 2.61e-07 ***
PESO         0.001667   0.000702   2.374  0.0296 *
ALZADA       0.004148   0.010598   0.391  0.7003
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09178 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4225,    Adjusted R-squared: 0.3546
F-statistic: 6.22 on 2 and 17 DF, p-value: 0.009396
```

```
> summary(lm(long~PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.16013 -0.05031  0.02089  0.07114  0.14317
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1.296e+01  3.018e-01  42.941 < 2e-16 ***
PESO        1.848e-03  5.147e-04   3.591  0.00209 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.0896 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4173,    Adjusted R-squared: 0.385
F-statistic: 12.89 on 1 and 18 DF, p-value: 0.00209
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 Longitud =  $12.96 + 0.0018 \cdot \text{peso} \pm 0.0896$

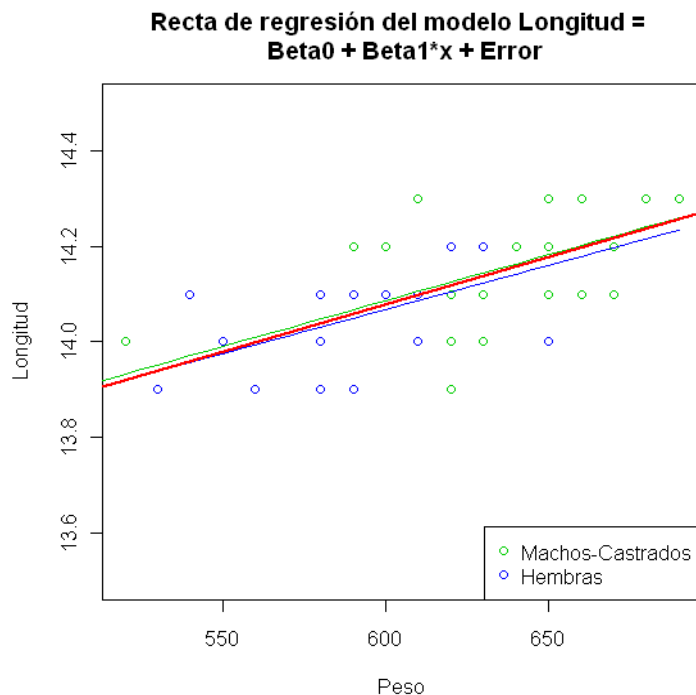
Recta de regresión del modelo Longitud =  $\text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot x + \text{Error}$



### III. Modelo de regresión global

```
> summary(lm(long~PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.21912 -0.04040  0.02059  0.06102  0.20074
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 12.887914   0.172014   74.923 < 2e-16 ***
PESO         0.001986   0.000281    7.066 3.88e-09 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09397 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4898,    Adjusted R-squared: 0.48
F-statistic: 49.93 on 1 and 52 DF, p-value: 3.884e-09
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 Longitud =  $12.88 + 0.0018 \cdot \text{peso} \pm 0.09397$



La línea roja corresponde a la recta obtenida con todos los datos.

## b. Regresión para Grosor

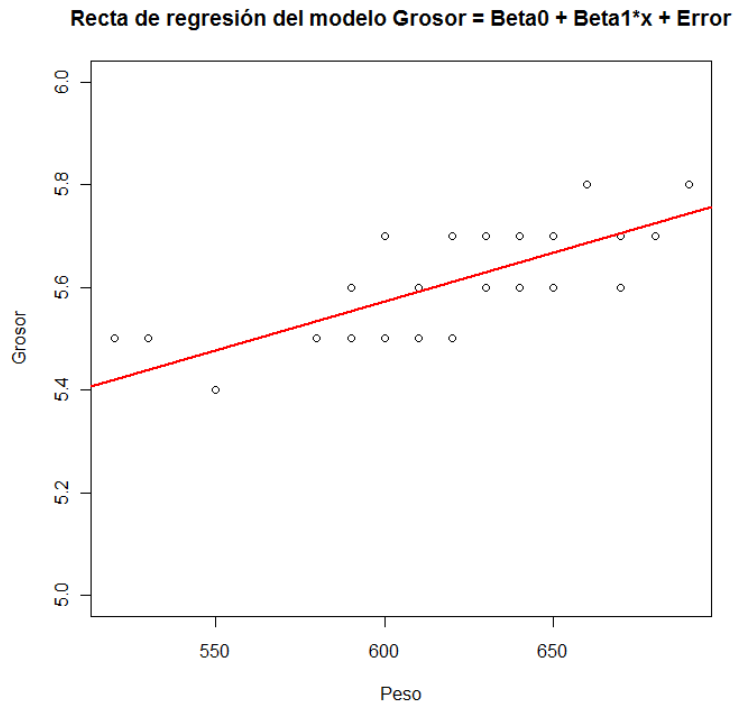
### I. Modelo de regresión para machos y castrados

```
> summary(lm(gros ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.12975 -0.04559 -0.02201  0.04981  0.12355
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.9546465   0.8291730   3.563  0.00121 **
PESO         0.0014090   0.0003964   3.554  0.00124 **
ALZADA       0.0106600   0.0058495   1.822  0.07806 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.07121 on 31 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6026,    Adjusted R-squared: 0.577
F-statistic: 23.5 on 2 and 31 DF, p-value: 6.138e-07
```

```
> summary(lm(gros ~ PESO))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.11050 -0.05335 -0.01528  0.05615  0.12760
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.4294084   0.1870715  23.678 < 2e-16 ***
PESO         0.0019050   0.0002985   6.382 3.61e-07 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.07375 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.56,    Adjusted R-squared: 0.5463
```

F-statistic: 40.73 on 1 and 32 DF, p-value: 3.607e-07

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 Grosor =  $4.42 + 0.0019 \cdot \text{peso} \pm 0.07375$



## II. Modelo de regresión para hembras

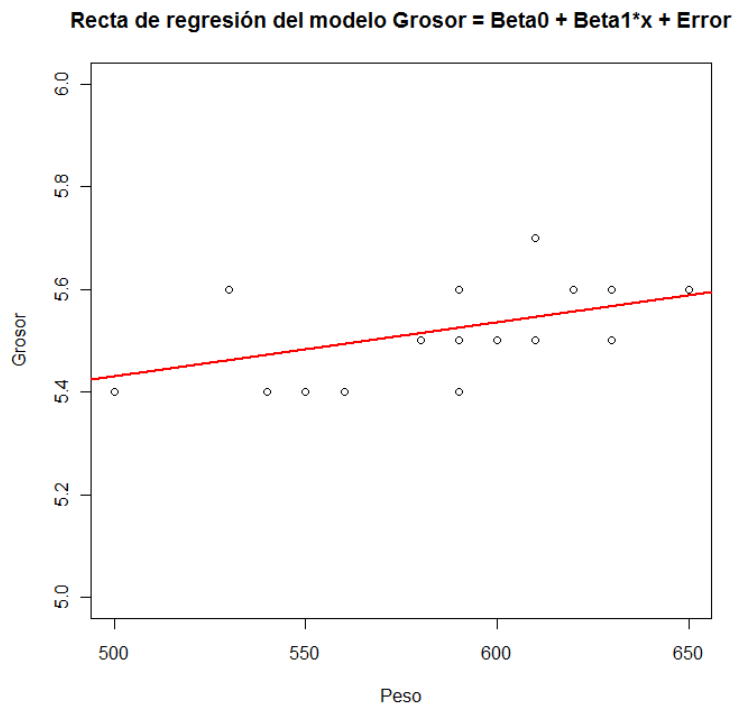
```
> summary(lm(gros~PESO+ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.12284 -0.06043 -0.01253  0.03531  0.15490
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.6365828  1.3355389   2.723  0.0145 *
PESO          0.0006593  0.0006209   1.062  0.3032
ALZADA        0.0090744  0.0093731   0.968  0.3465
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.08118 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.263,    Adjusted R-squared: 0.1763
F-statistic: 3.033 on 2 and 17 DF, p-value: 0.07475
```

```
> summary(lm(gros ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.12528 -0.05168 -0.01472  0.03512  0.15360
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.9021782  0.2729447  17.960 6.12e-13 ***
PESO          0.0010561  0.0004655   2.269  0.0358 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.08104 on 18 degrees of freedom
```



Multiple R-squared: 0.2223, Adjusted R-squared: 0.1791  
F-statistic: 5.146 on 1 and 18 DF, p-value: 0.03583

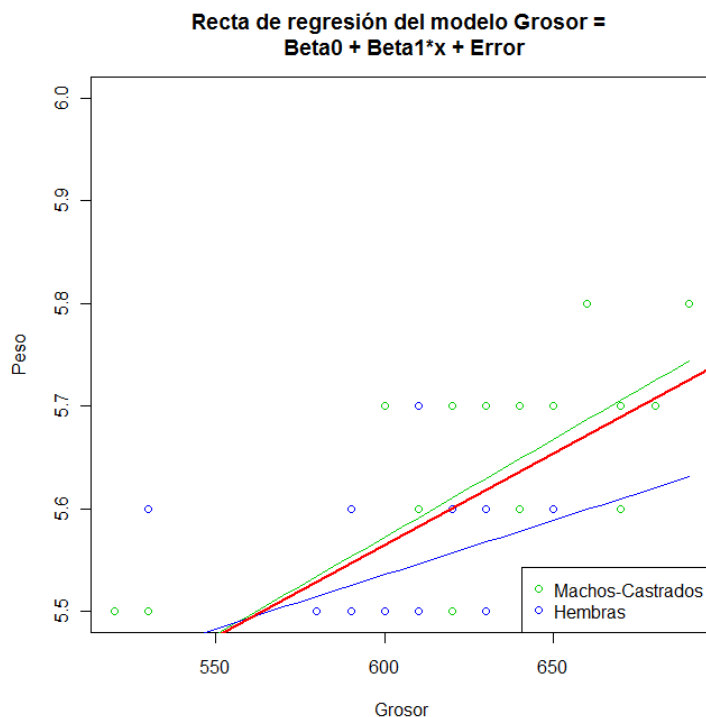
Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
Grosor =  $4.90 + 0.001 \cdot \text{peso} \pm 0.08104$



### III. Modelo de regresión global

```
> summary(lm(gros ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.14701 -0.05400 -0.01833  0.05823  0.15997
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.4950040  0.1435078  31.322 < 2e-16 ***
PESO         0.0017831  0.0002345   7.605 5.39e-10 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.07839 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.5266, Adjusted R-squared: 0.5174
F-statistic: 57.83 on 1 and 52 DF, p-value: 5.385e-10
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
Grosor =  $4.495 + 0.0017 \cdot \text{peso} \pm 0.07839$



La línea roja corresponde a la recta obtenida con todos los datos.

### c. Regresión para Anchura

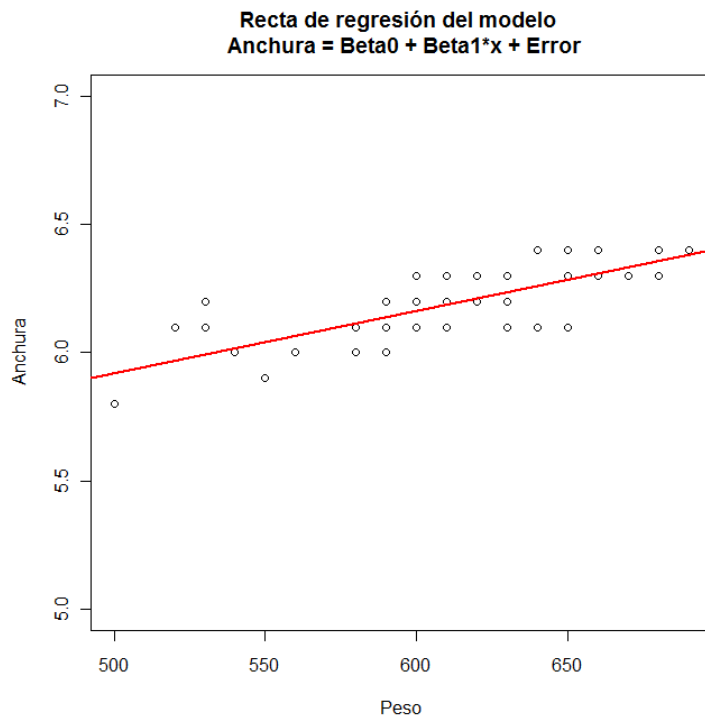
#### I. Modelo de regresión para machos y castrados

```
> summary(lm(anch ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.17752 -0.05834 -0.00717  0.06689  0.16068
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.7979620  1.0880455   2.572  0.01514 *
PESO         0.0014852  0.0005202   2.855  0.00761 **
ALZADA       0.0149646  0.0076758   1.950  0.06032 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09345 on 31 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.5446,    Adjusted R-squared: 0.5152
F-statistic: 18.54 on 2 and 31 DF, p-value: 5.07e-06
```

```
> summary(lm(anch ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.18625 -0.05536 -0.01443  0.08875  0.17553
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.8682501  0.2471864  19.695 < 2e-16 ***
PESO         0.0021815  0.0003944   5.531 4.23e-06 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09745 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4888,    Adjusted R-squared: 0.4728
```

F-statistic: 30.59 on 1 and 32 DF, p-value: 4.234e-06

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 Anchura =  $4.86 + 0.0021 \cdot \text{peso} \pm 0.09745$



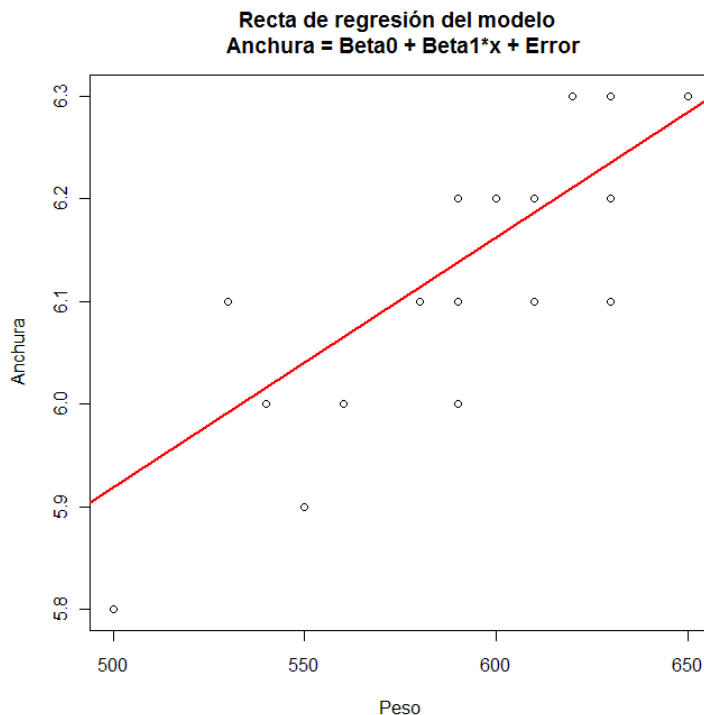
## II. Modelo de regresión para hembras

```
> summary(lm(anch ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.116536 -0.030099  0.002717  0.031701  0.144581
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.4199814  1.1478453   1.237   0.2329
PESO          0.0015369  0.0005336   2.880   0.0104 *
ALZADA        0.0229685  0.0080558   2.851   0.0110 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.06977 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7398,    Adjusted R-squared: 0.7092
F-statistic: 24.16 on 2 and 17 DF, p-value: 1.073e-05
```

```
> summary(lm(anch ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.124356 -0.053234  0.002706  0.057822  0.129769
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.6233663  0.2776593  16.651 2.22e-12 ***
PESO          0.0025413  0.0004736   5.366 4.23e-05 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.08244 on 18 degrees of freedom
```

Multiple R-squared: 0.6153, Adjusted R-squared: 0.594  
F-statistic: 28.79 on 1 and 18 DF, p-value: 4.234e-05

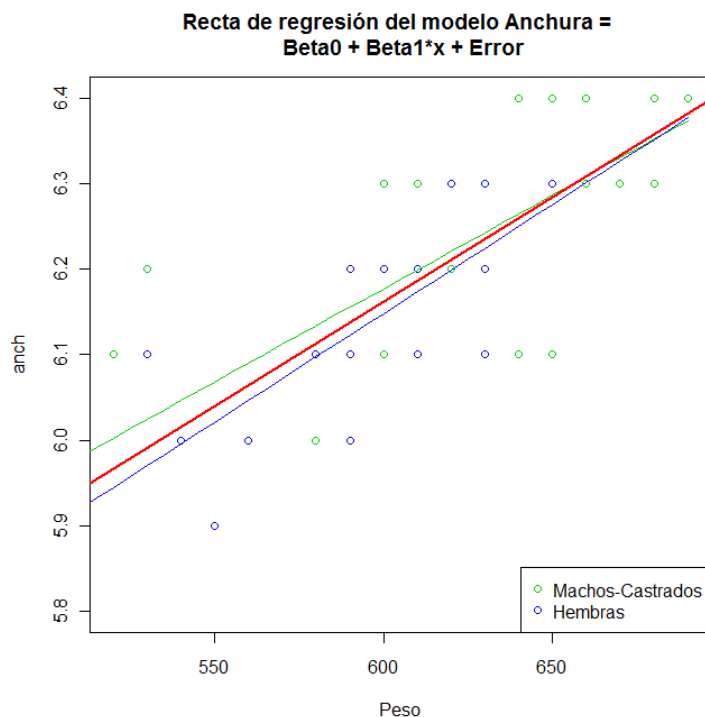
Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
Anchura =  $4.62 + 0.002 \cdot \text{peso} \pm 0.08244$



### III. Modelo de regresión global

```
> summary(lm(anch ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.18355 -0.03743 -0.01307  0.08342  0.20870
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.7005433   0.1679808   27.983  < 2e-16 ***
PESO         0.0024354   0.0002744    8.874 5.44e-12 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.09176 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6023, Adjusted R-squared: 0.5946
F-statistic: 78.74 on 1 and 52 DF, p-value: 5.445e-12
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
Anchura =  $4.70 + 0.002 \cdot \text{peso} \pm 0.091716$



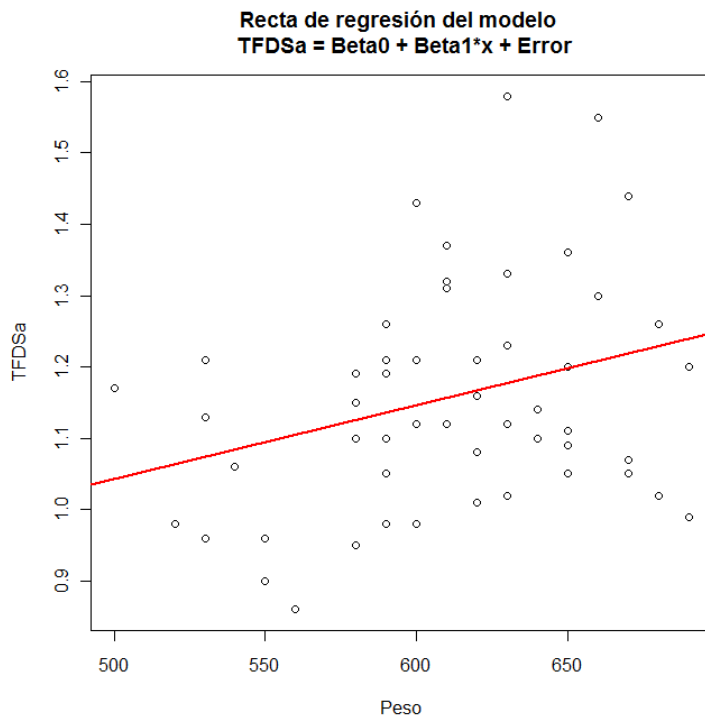
La línea roja corresponde a la recta obtenida con todos los datos.

#### d. Regresión para TFDSa

```
> summary(lm(TFDSa ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.24753 -0.11896 -0.02485  0.08730  0.40691
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.8819686   1.4039158   0.628  0.5327
PESO         0.0011609   0.0006611   1.756  0.0851 .
ALZADA      -0.0026050   0.0100332  -0.260  0.7962
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.151 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.09453,    Adjusted R-squared:  0.05903
F-statistic: 2.662 on 2 and 51 DF,  p-value: 0.07948
```

```
> summary(lm(TFDSa ~ PESO))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.24913 -0.11201 -0.02451  0.08756  0.40301
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.5245985   0.2739439   1.915  0.0610 .
PESO         0.0010355   0.0004476   2.314  0.0247 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1496 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.09334,    Adjusted R-squared:  0.0759
F-statistic: 5.353 on 1 and 52 DF,  p-value: 0.02467
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{TFDSa} = 0.524 + 0.001 \cdot \text{peso} \pm 0.1496$



#### e. Regresión para TFDPa

```
> summary(lm(TFDPa. ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.30724 -0.08912  0.01197  0.09779  0.25387
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.8106154  1.2404965   1.460   0.151
PESO          0.0001037  0.0005841   0.178   0.860
ALZADA       -0.0041874  0.0088653  -0.472   0.639
Residual standard error: 0.1334 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.005521,    Adjusted R-squared:  -0.03348
F-statistic: 0.1416 on 2 and 51 DF,  p-value: 0.8683
```

#### f. Regresión para LSRa

```
summary(lm(LSRa. ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.38199 -0.14411  0.02224  0.10959  0.35016
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.2051411  1.7000352   1.885   0.0651 .
PESO          0.0010615  0.0008005   1.326   0.1907
ALZADA       -0.0178570  0.0121494  -1.470   0.1478
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Residual standard error: 0.1829 on 51 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.0431, Adjusted R-squared: 0.005576  
 F-statistic: 1.149 on 2 and 51 DF, p-value: 0.3252

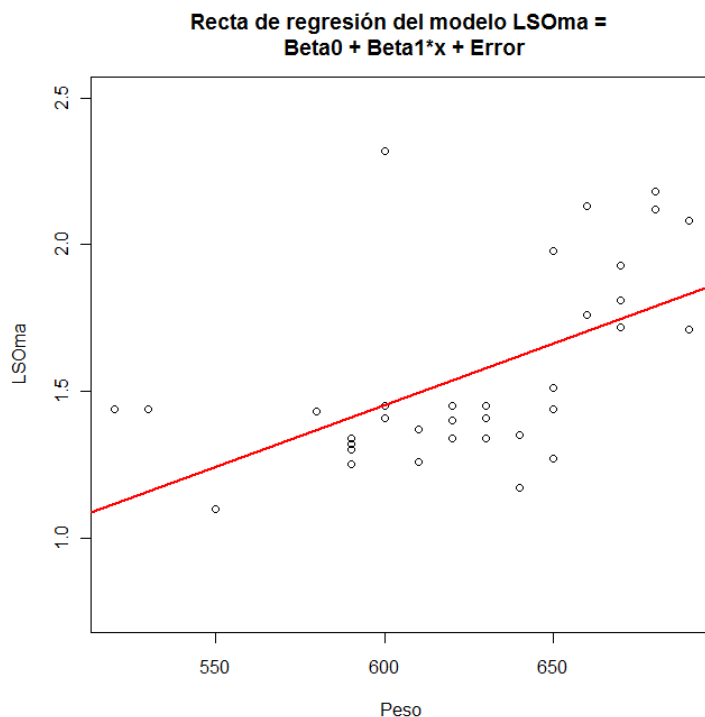
### g. Regresión para LSOMA

#### I. Modelo de regresión para machos y castrados

```
> summary(lm(LSOMA ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.45448 -0.15425 -0.09878  0.14829  0.87444
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.792950   3.248233  -0.552   0.5849
PESO          0.003945   0.001553   2.540   0.0163 *
ALZADA        0.005283   0.022915   0.231   0.8192
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.279 on 31 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3085, Adjusted R-squared: 0.2638
F-statistic: 6.914 on 2 and 31 DF, p-value: 0.003289
```

```
> summary(lm(LSOMA ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.44986 -0.15819 -0.08819  0.15442  0.86776
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.062059   0.697080  -1.524   0.13744
PESO          0.004190   0.001112   3.768   0.00067 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2748 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3073, Adjusted R-squared: 0.2856
F-statistic: 14.19 on 1 and 32 DF, p-value: 0.0006697
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSOMA} = -1.06 + 0.0041 \cdot \text{peso} \pm 0.2748$



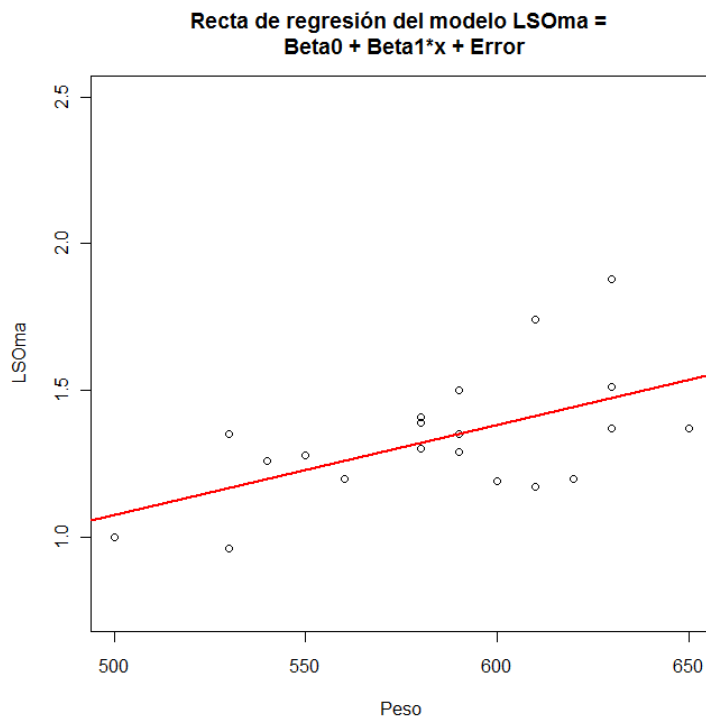
## II. Modelo de regresión para hembras

```
> summary(lm(LSOMA ~ PESO+ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.37826 -0.08835 -0.03582  0.07534  0.34042
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.125944   2.868368   1.438  0.16847
PESO          0.004488   0.001333   3.365  0.00367 **
ALZADA       -0.032809   0.020131  -1.630  0.12153
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1743 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4127,    Adjusted R-squared:  0.3436
F-statistic: 5.973 on 2 and 17 DF, p-value: 0.01085
```

```
> summary(lm(LSOMA ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.24285 -0.11864 -0.01100  0.07426  0.40662
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.449891   0.613656  -0.733  0.47292
PESO          0.003053   0.001047   2.917  0.00921 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1822 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3209,    Adjusted R-squared:  0.2832
F-statistic: 8.507 on 1 and 18 DF, p-value: 0.009207
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 LSOMA =  $-0.449 + 0.003 \cdot \text{peso} \pm 0.1822$





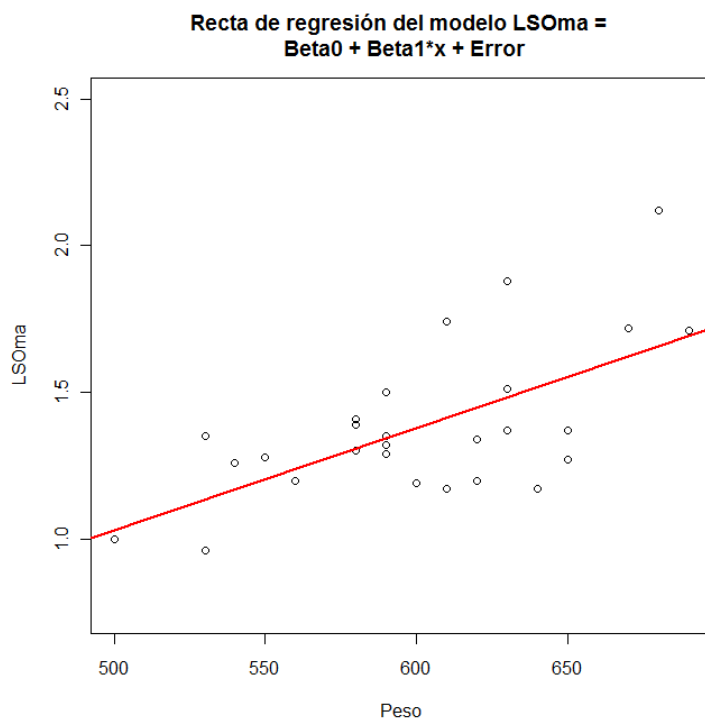
### III. Modelo de regresión para machos y hembras

```
> summary(lm(LSoma ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.40915 -0.08751 -0.01227  0.07457  0.46716
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.314756   2.862169   1.508 0.144731
PESO         0.005236   0.001277   4.100 0.000409 ***
ALZADA      -0.036602   0.020560  -1.780 0.087698 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1959 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4744,    Adjusted R-squared: 0.4306
F-statistic: 10.83 on 2 and 24 DF, p-value: 0.0004444
```

```
> summary(lm(LSoma ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.34793 -0.14442 -0.00942  0.09370  0.46306
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.7062068  0.5082371  -1.390 0.176926
PESO         0.0034752  0.0008424   4.125 0.000359 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2042 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.405,    Adjusted R-squared: 0.3812
F-statistic: 17.02 on 1 and 25 DF, p-value: 0.000359
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$

$$\text{LSOma} = -0.70 + 0.0034 \cdot \text{peso} \pm 0.2042$$

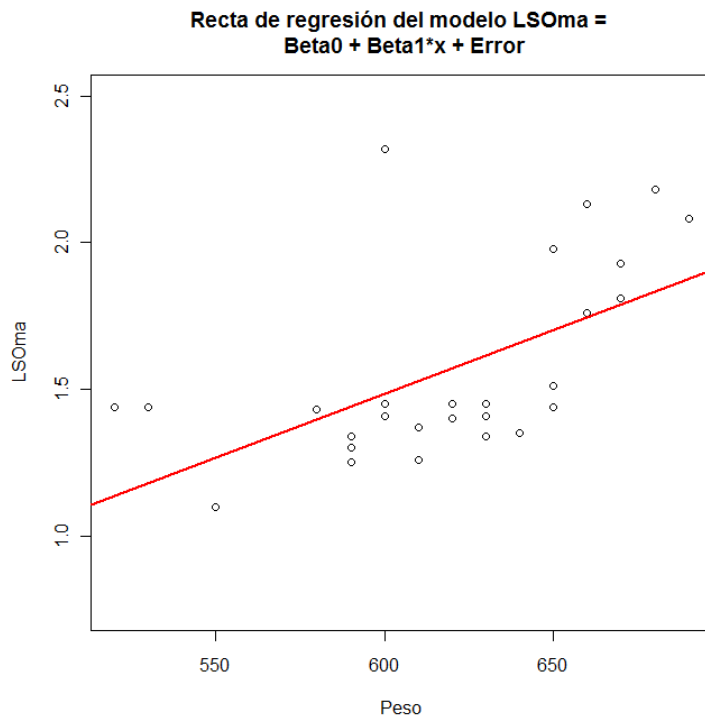


#### IV. Modelo de regresión para castrados

```
> summary(lm(LSOma ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.3235 -0.1765 -0.1037  0.1482  0.8525
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.207623   3.339211  -0.961   0.3463
PESO         0.003639   0.001687   2.157   0.0412 *
ALZADA       0.015102   0.023658   0.638   0.5293
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2756 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3448,    Adjusted R-squared: 0.2902
F-statistic: 6.315 on 2 and 24 DF, p-value: 0.006258
```

```
> summary(lm(LSOma ~ PESO))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.3083 -0.1806 -0.1001  0.1722  0.8363
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.134124   0.765418  -1.482   0.1509
PESO         0.004363   0.001233   3.538   0.0016 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2724 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3337,    Adjusted R-squared: 0.307
F-statistic: 12.52 on 1 and 25 DF, p-value: 0.001604
```

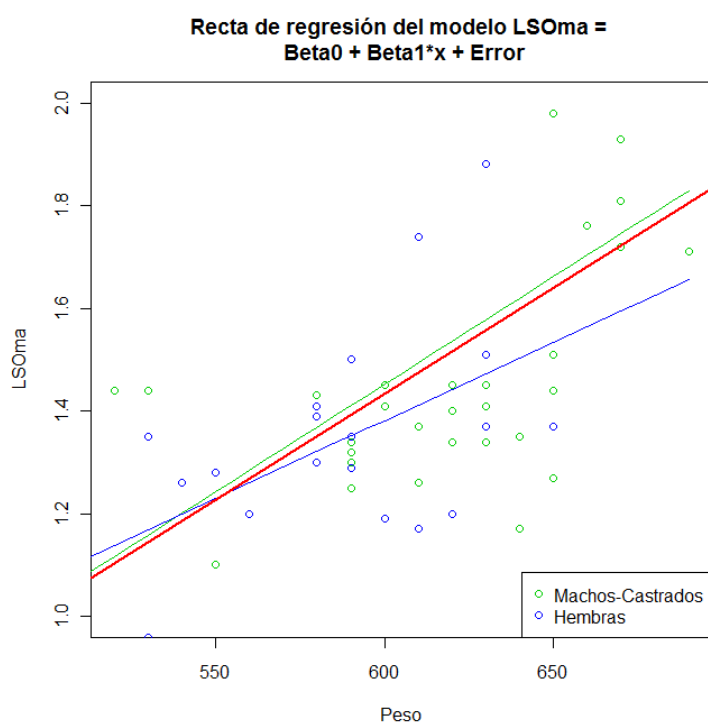
Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSOma} = -1.13 + 0.004 \cdot \text{peso} \pm 0.2724$



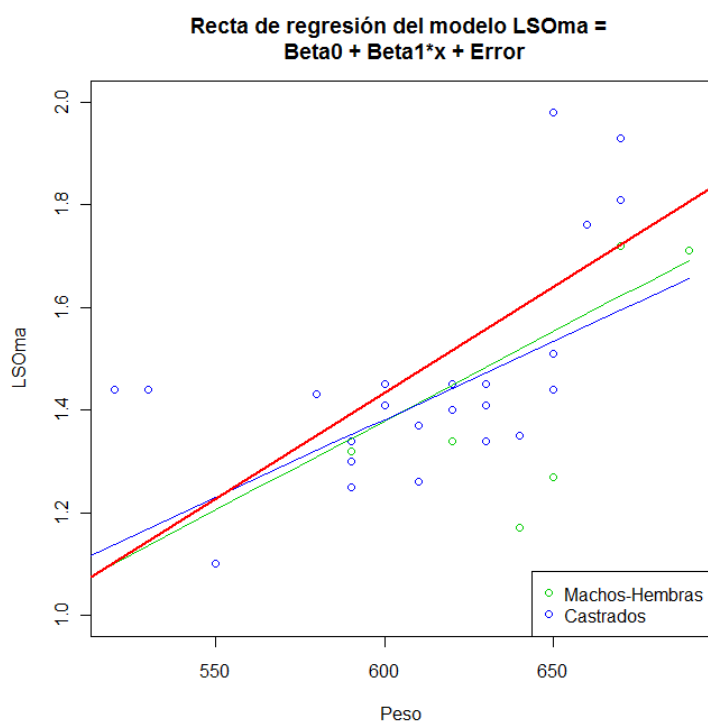
#### V. Modelo de regresión global

```
> summary(lm (LSOma ~ PESO ))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.42813 -0.14564 -0.05129  0.08595  0.88685
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.0415081  0.4461528  -2.334  0.0235 *
PESO         0.0041244  0.0007289   5.658 6.64e-07 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2437 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3811,    Adjusted R-squared: 0.3692
F-statistic: 32.02 on 1 and 52 DF, p-value: 6.636e-07
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSOma} = -1.04 + 0.004 \cdot \text{peso} \pm 0.2437$



La línea roja corresponde a la recta obtenida con todos los datos.



La línea roja corresponde a la recta obtenida con todos los datos.

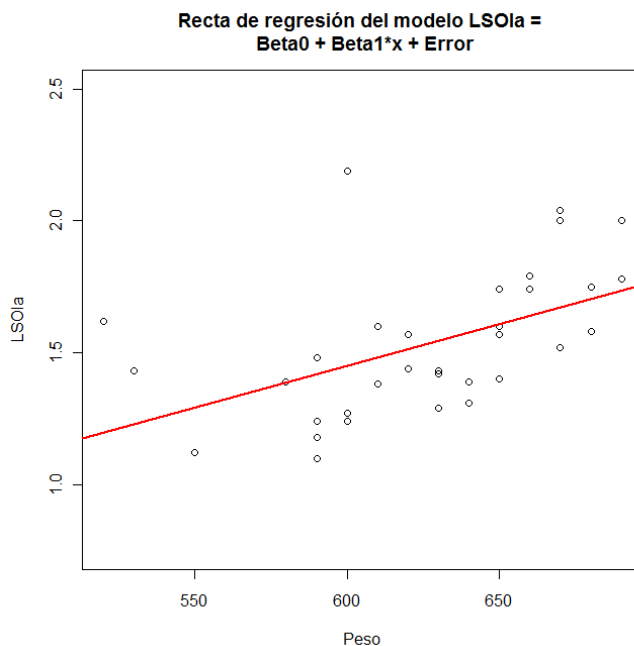
#### h. Regresión para LSOLA

#### I. Modelo de regresión para machos y castrados

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO+ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.34173 -0.16221 -0.02129  0.11970  0.75340
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.934828   2.758054  -0.702   0.4882
PESO         0.002686   0.001319   2.037   0.0502 .
ALZADA       0.010664   0.019457   0.548   0.5876
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2369 on 31 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2675,    Adjusted R-squared: 0.2203
F-statistic: 5.661 on 2 and 31 DF, p-value: 0.008024
```

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.31826 -0.17643 -0.05648  0.11330  0.73992
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.4595317  0.5942375  -0.773   0.44501
PESO         0.0031827  0.0009482   3.357   0.00205 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2343 on 32 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2604,    Adjusted R-squared: 0.2373
F-statistic: 11.27 on 1 and 32 DF, p-value: 0.002046
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSOla} = -0.459 + 0.0031 \cdot \text{peso} \pm 0.2343$



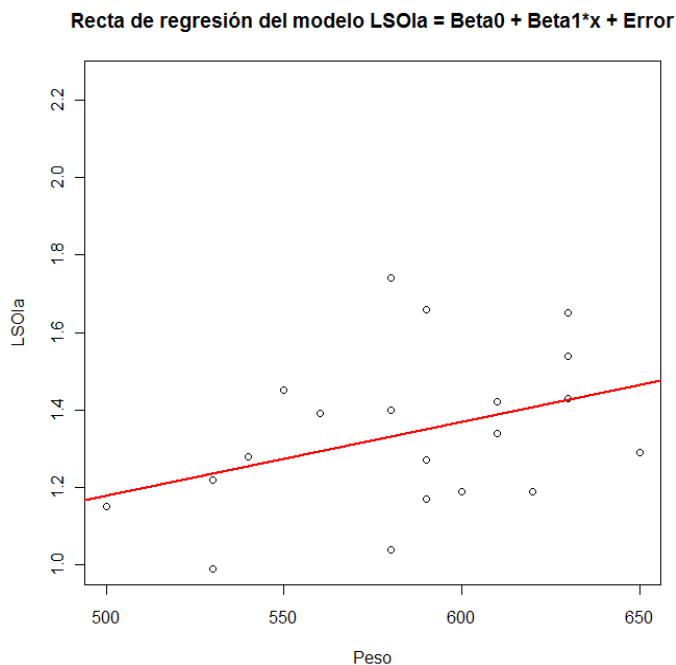
## II. Modelo de regresión para hembras

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO+ALZADA))
```

```
Residuals:
  Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.28670 -0.12375 -0.03099  0.08912  0.41330
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.806415   3.144105   1.211  0.2426
PESO         0.003017   0.001462   2.064  0.0546 .
ALZADA      -0.025634   0.022066  -1.162  0.2614
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1911 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2031,    Adjusted R-squared: 0.1093
F-statistic: 2.166 on 2 and 17 DF,  p-value: 0.1452
```

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO))
Residuals:
  Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.29102 -0.17504 -0.00602  0.10122  0.40898
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.231317   0.649904   0.356   0.726
PESO         0.001896   0.001108   1.710   0.104
Residual standard error: 0.193 on 18 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1398,    Adjusted R-squared: 0.09202
F-statistic: 2.926 on 1 and 18 DF,  p-value: 0.1044
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSOla} = 0.231 + 0.001 \cdot \text{peso} \pm 0.193$



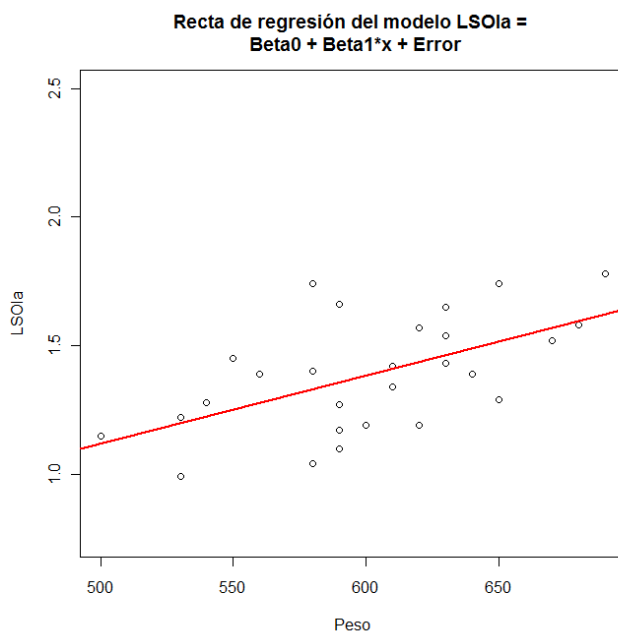
### III. Modelo de regresión para machos y hembras

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO+ALZADA))
```

```
Residuals:
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.29325 -0.13327 -0.01428  0.10945  0.40675
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.783388   2.694614   1.033  0.31193
PESO         0.003700   0.001202   3.077  0.00516 **
ALZADA      -0.021795   0.019356  -1.126  0.27130
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1844 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3585,    Adjusted R-squared: 0.3051
F-statistic: 6.708 on 2 and 24 DF,  p-value: 0.004852
```

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO))
Residuals:
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.29156 -0.14436  0.00889  0.12193  0.40844
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.2063934  0.4614368  -0.447  0.65852
PESO         0.0026516  0.0007649   3.467  0.00192 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1854 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3247,    Adjusted R-squared: 0.2976
F-statistic: 12.02 on 1 and 25 DF,  p-value: 0.001919
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 LSOla = -0.20 + 0.0026\*peso ± 0.1854



#### IV. Modelo de regresión para castrados

```
> summary(lm(LSOla ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
  Min    1Q  Median    3Q   Max
```

```

-0.30473 -0.17098 -0.02403 0.13857 0.73734
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.617881   3.042750  -0.860   0.398
PESO         0.002491   0.001537   1.620   0.118
ALZADA       0.015613   0.021557   0.724   0.476
Residual standard error: 0.2512 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2647,    Adjusted R-squared: 0.2034
F-statistic: 4.32 on 2 and 24 DF, p-value: 0.02498

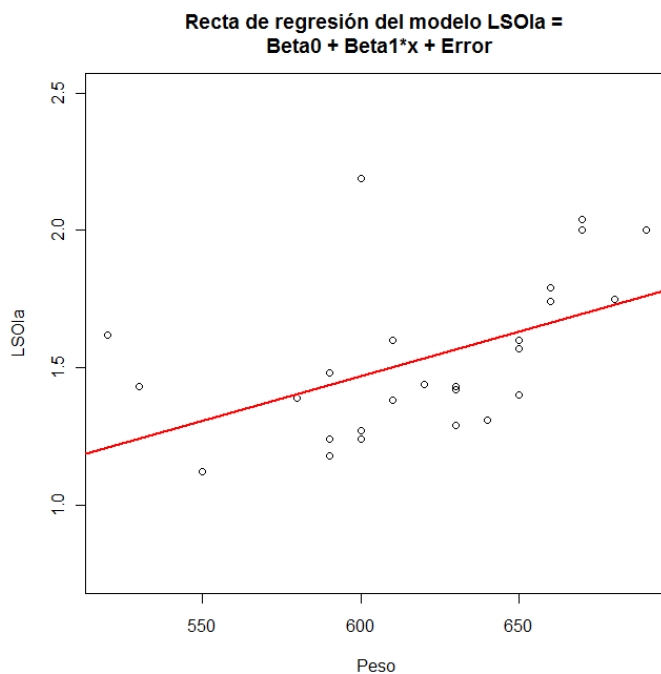
```

```

> summary(lm(LSOla ~ PESO))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.28904 -0.19228 -0.06143  0.11216  0.72054
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.474206   0.699134  -0.678   0.50383
PESO         0.003239   0.001126   2.876   0.00812 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2488 on 25 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2486,    Adjusted R-squared: 0.2186
F-statistic: 8.272 on 1 and 25 DF, p-value: 0.008115

```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 LSOla =  $-0.474 + 0.003 \cdot \text{peso} \pm 0.2488$



## V. Modelo de regresión global

```

> summary(lm(LSOla ~ PESO ))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max

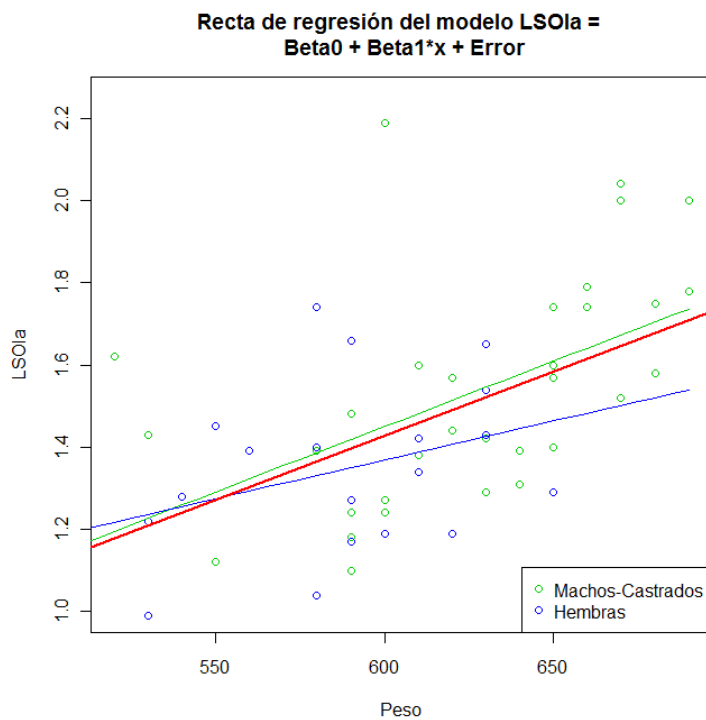
```



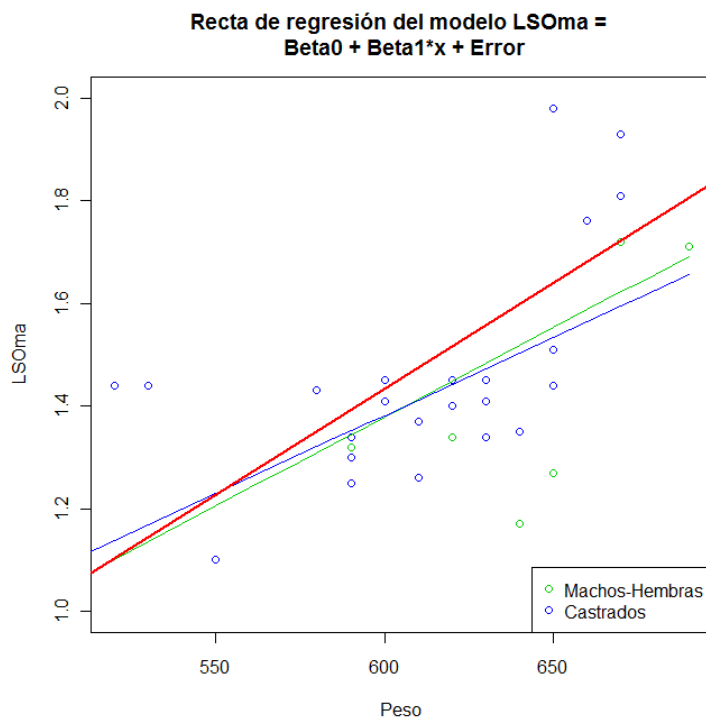
```

-0.32559 -0.15760 -0.02632 0.11560 0.76212
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.4409131  0.4033194  -1.093   0.279
PESO         0.0031147  0.0006589   4.727 1.78e-05 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2203 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3005,    Adjusted R-squared: 0.2871
F-statistic: 22.34 on 1 and 52 DF, p-value: 1.778e-05
  
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 LSOla =  $-0.44 + 0.003 \cdot \text{peso} \pm 0.2203$



La línea roja es la recta de regresión considerando todos los datos.



La línea roja es la recta de regresión considerando todos los datos.

#### i. Regresión para TFDSmb

```
> summary(lm (TFDSmb ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.106416 -0.045141 -0.004011  0.035123  0.149863
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.0352746  0.6020884   0.059   0.954
PESO         -0.0002406  0.0002835  -0.849   0.400
ALZADA        0.0033438  0.0043029   0.777   0.441
Residual standard error: 0.06476 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.01493,    Adjusted R-squared:  -0.0237
F-statistic: 0.3866 on 2 and 51 DF,  p-value: 0.6814
```

#### j. Regresión para TFDSlb

```
> summary(lm (TFDSlb ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.11891 -0.04977 -0.01711  0.05294  0.13119
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.9781040  0.6370463   1.535   0.131
PESO         0.0004382  0.0003000   1.461   0.150
ALZADA       -0.0049477  0.0045527  -1.087   0.282
Residual standard error: 0.06852 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.04017,    Adjusted R-squared:  0.00253
```

F-statistic: 1.067 on 2 and 51 DF, p-value: 0.3515

#### k. Regresión para TFD Pb

```
> summary(lm (TFDPb ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.26783 -0.08677  0.01970  0.07588  0.26333
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.2168381  1.1635024   2.765 0.00791 **
PESO          0.0006096  0.0005479   1.113 0.27110
ALZADA       -0.0152035  0.0083151  -1.828 0.07334 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1251 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.06335,    Adjusted R-squared:  0.02662
F-statistic: 1.725 on 2 and 51 DF, p-value: 0.1885
```

#### l. Regresión para LSRb

```
> summary(lm (LSRb ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.205945 -0.075579  0.001842  0.090367  0.256300
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.5647653  1.0522018   2.438 0.0183 *
PESO          0.0005449  0.0004955   1.100 0.2766
ALZADA       -0.0128206  0.0075196  -1.705 0.0943 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1132 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.05472,    Adjusted R-squared:  0.01765
F-statistic: 1.476 on 2 and 51 DF, p-value: 0.2381
```

#### m. Regresión para LSO b

```
> summary(lm (LSOb ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.13800 -0.06799 -0.01721  0.06508  0.21988
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.332e+00  8.196e-01   1.626  0.110
PESO        -9.356e-05  3.860e-04  -0.242  0.809
ALZADA      -5.115e-03  5.858e-03  -0.873  0.387
Residual standard error: 0.08816 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.04533,    Adjusted R-squared:  0.007892
F-statistic: 1.211 on 2 and 51 DF, p-value: 0.3064
```

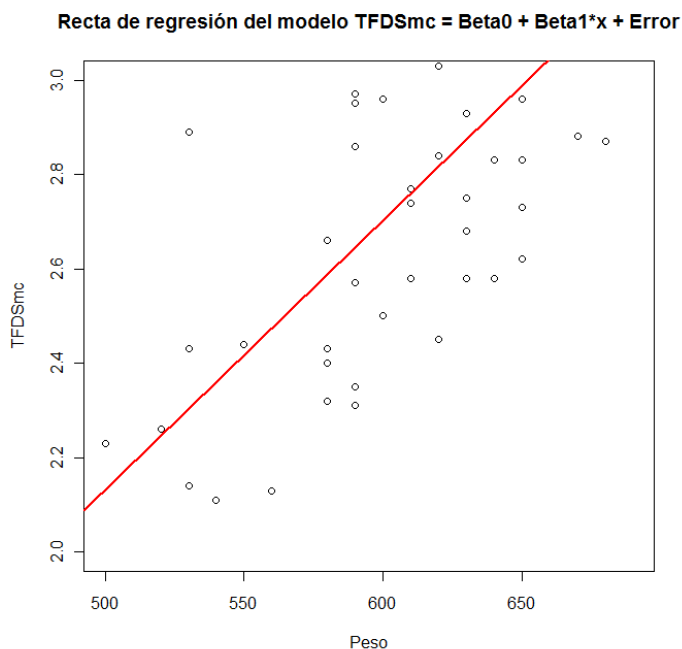
#### n. Regresión para TFD S mc

```
> summary(lm (TFDSmc ~ PESO + ALZADA))
```

```
Residuals:
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.5731 -0.2081  0.0048  0.1740  0.6168
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -6.631091   2.490312  -2.663  0.01034 *
PESO         0.003645   0.001173   3.108  0.00308 **
ALZADA       0.043041   0.017797   2.418  0.01920 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2679 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5267,    Adjusted R-squared:  0.5081
F-statistic: 28.37 on 2 and 51 DF,  p-value: 5.209e-09
```

```
> summary(lm (TFDSmc ~ PESO))
Residuals:
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.68717 -0.20082 -0.00511  0.21095  0.62705
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.7263769  0.5126996  -1.417   0.163
PESO         0.0057155  0.0008377   6.823 9.47e-09 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2801 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4724,    Adjusted R-squared:  0.4622
F-statistic: 46.56 on 1 and 52 DF,  p-value: 9.47e-09
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 TFDSmc = -0.72 + 0.005\*peso ± 0.2801



#### o. Regresión para TFDSLc

```
> summary(lm ( TFDSLc ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
```

```

      Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.52349 -0.16590 -0.01237  0.17448  0.53445
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -6.745000   2.434007  -2.771  0.00778 **
PESO         0.004746   0.001146   4.141  0.00013 ***
ALZADA       0.039839   0.017395   2.290  0.02617 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2618 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6036,    Adjusted R-squared:  0.588
F-statistic: 38.83 on 2 and 51 DF,  p-value: 5.663e-11

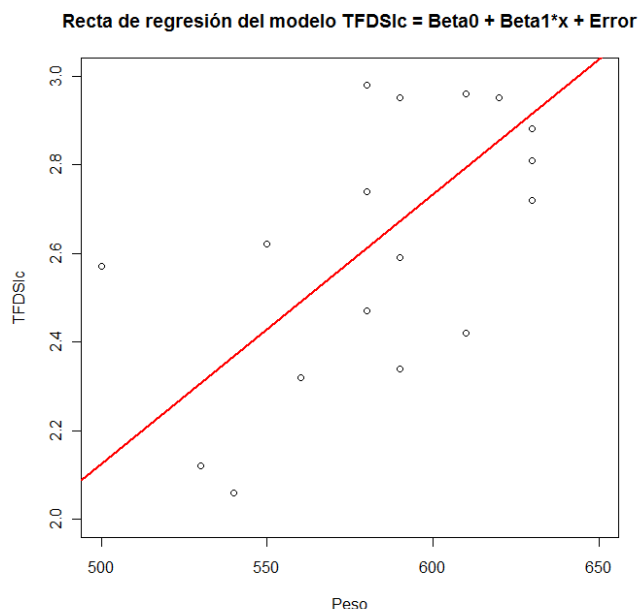
```

```

> summary(lm ( TFDSLc ~ PESO))
Residuals:
      Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.72127 -0.18135 -0.01138  0.17266  0.61187
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.2795746   0.4984412  -2.567  0.0132 *
PESO         0.0066628   0.0008144   8.182 6.58e-11 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2723 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5628,    Adjusted R-squared:  0.5544
F-statistic: 66.94 on 1 and 52 DF,  p-value: 6.58e-11

```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{TFDSLc} = -1.27 + 0.006 \cdot \text{peso} \pm 0.2723$



#### p. Regresión para TFDPC

```

> summary(lm ( TFDPC ~ PESO + ALZADA))
Residuals:
      Min      1Q  Median      3Q      Max

```

```

-0.269989 -0.090574 -0.002479 0.093050 0.267619
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.4015701  1.1420714   2.103  0.0404 *
PESO         0.0009676  0.0005378   1.799  0.0779 .
ALZADA      -0.0110927  0.0081619  -1.359  0.1801
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1228 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.05977, Adjusted R-squared: 0.02289
F-statistic: 1.621 on 2 and 51 DF, p-value: 0.2077

```

#### q. Regresión para LSRc

```

> summary(lm ( LSRc ~ PESO + ALZADA ))
Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.26991 -0.07820  0.00105  0.07441  0.25854
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.8425769  1.1472965   1.606  0.1144
PESO         0.0012420  0.0005402   2.299  0.0256 *
ALZADA      -0.0104541  0.0081993  -1.275  0.2081
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1234 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.09948, Adjusted R-squared: 0.06417
F-statistic: 2.817 on 2 and 51 DF, p-value: 0.06911

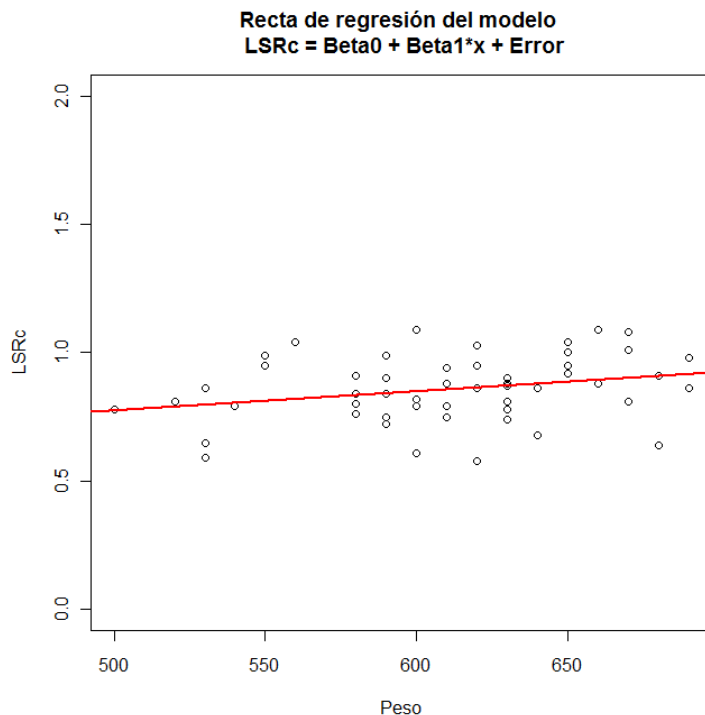
```

```

> summary(lm ( LSRc ~ PESO ))
Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.286560 -0.075044  0.000609  0.078872  0.238219
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.4084005  0.2272601   1.797  0.0781 .
PESO         0.0007390  0.0003713   1.990  0.0518 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1241 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.07078, Adjusted R-squared: 0.05291
F-statistic: 3.961 on 1 and 52 DF, p-value: 0.05184

```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSRc} = 0.408 + 0.0007 \cdot \text{peso} \pm 0.1241$



### 3.2.4.2. Regresiones sobre Longitud, Grosor y Anchura

#### a. Regresión para TFDSa

```
> summary(lm (TFDSa ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.28640 -0.08756 -0.00465  0.07646  0.34004
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(> |t|)
(Intercept) -0.98966    2.17082  -0.456  0.65044
long         -0.09391    0.18773  -0.500  0.61909
gros          0.77847    0.29034   2.681  0.00991 **
anch         -0.14158    0.21467  -0.660  0.51259
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1444 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.188,    Adjusted R-squared:  0.1393
F-statistic: 3.858 on 3 and 50 DF, p-value: 0.01467
```

```
> summary(lm (TFDSa ~ gros))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.29185 -0.11019 -0.00852  0.08148  0.35593
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(> |t|)
(Intercept) -2.0693    0.9700  -2.133  0.03765 *
gros          0.5778    0.1737   3.326  0.00162 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1427 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1754,    Adjusted R-squared:  0.1596
```

F-statistic: 11.06 on 1 and 52 DF, p-value: 0.00162  
 Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{TFDSa} = -2.0693 + 0.5778 \cdot \text{grosor} \pm 0.1427$

### b. Regresión para TFDPa

```
> summary(lm (TFDPa ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.23730 -0.09905  0.01719  0.08017  0.23381
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.48780    1.94658   0.764  0.4483
long        -0.03222    0.16834  -0.191  0.8490
gros         0.45884    0.26035   1.762  0.0841 .
anch        -0.39096    0.19250  -2.031  0.0476 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1295 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.08151, Adjusted R-squared: 0.0264
F-statistic: 1.479 on 3 and 50 DF, p-value: 0.2315
```

```
> summary(lm (TFDPa ~ gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.23504 -0.10224  0.01870  0.08464  0.23203
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.1566    0.8832   1.310  0.1962
gros         0.4415    0.2419   1.826  0.0738 .
anch        -0.3953    0.1894  -2.087  0.0419 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1283 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.08084, Adjusted R-squared: 0.04479
F-statistic: 2.243 on 2 and 51 DF, p-value: 0.1166
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X_1 + \text{Beta}_2 \cdot X_2 + \text{error}$   
 $\text{TFDPa} = 1.15 + 0.4415 \cdot \text{grosor} - 0.3953 \cdot \text{anchura} \pm 0.1311$

### c. Regresión para LSRa

```
> summary(lm (LSRa ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.34204 -0.11538  0.03906  0.10679  0.37197
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.6252    2.6823  -0.979  0.3324
long         0.4007    0.2320   1.728  0.0902 .
gros         0.1737    0.3588   0.484  0.6304
anch        -0.5037    0.2653  -1.899  0.0634 .
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1785 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1065, Adjusted R-squared: 0.05289
```



F-statistic: 1.987 on 3 and 50 DF, p-value: 0.1279

```
> summary(lm (LSRa ~ long + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.34792 -0.11728  0.03279  0.11497  0.34858
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -2.7381     2.6520  -1.032  0.3067
long          0.4397     0.2159   2.037  0.0469 *
anch         -0.4175     0.1952  -2.139  0.0373 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1771 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1023,    Adjusted R-squared: 0.06711
F-statistic: 2.906 on 2 and 51 DF, p-value: 0.06378
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X_1 + \text{Beta}_2 \cdot X_2 + \text{error}$   
 $\text{LSRa} = -2.73 + 0.4397 \cdot \text{longitud} - 0.4175 \cdot \text{anchura} \pm 0.1771$

#### d. Regresión para LSOma

```
> summary(lm (LSOma ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.40845 -0.14450 -0.00426  0.13579  0.84396
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.38576    3.70884  -4.148  0.00013 ***
long          0.81185    0.32074   2.531  0.01456 *
gros          1.02414    0.49605   2.065  0.04417 *
anch         -0.04905    0.36677  -0.134  0.89415
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2468 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.39,    Adjusted R-squared: 0.3534
F-statistic: 10.65 on 3 and 50 DF, p-value: 1.584e-05
```

```
> summary(lm (LSOma ~ long + gros ))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.40294 -0.14005 -0.00395  0.13390  0.84502
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -15.3703     3.6712  -4.187 0.000112 ***
long          0.8069     0.3155   2.558 0.013556 *
gros          0.9796     0.3643   2.689 0.009653 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2444 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3898,    Adjusted R-squared: 0.3658
F-statistic: 16.29 on 2 and 51 DF, p-value: 3.392e-06
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X_1 + \text{Beta}_2 \cdot X_2 + \text{error}$   
 $\text{LSOma} = -15.37 + 0.8069 \cdot \text{longitud} + 0.9796 \cdot \text{grosor} \pm 0.2444$

### e. Regresión para LSOla

```
> summary(lm (LSOla ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.39084 -0.12458 -0.02142  0.10478  0.71243
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -10.549929   3.453969  -3.054  0.00361 **
long          0.624617   0.298698   2.091  0.04162 *
gros          0.003357   0.461962   0.007  0.99423
anch          0.514668   0.341565   1.507  0.13816
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2298 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2683,    Adjusted R-squared:  0.2244
F-statistic: 6.113 on 3 and 50 DF,  p-value: 0.001262
```

```
> summary(lm (LSOla ~ long + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.39105 -0.12462 -0.02143  0.10459  0.71222
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -10.5521     3.4070  -3.097  0.00317 **
long          0.6254     0.2774   2.255  0.02848 *
anch          0.5163     0.2508   2.059  0.04463 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2275 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2683,    Adjusted R-squared:  0.2397
F-statistic: 9.353 on 2 and 51 DF,  p-value: 0.0003466
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X_1 + \text{Beta}_2 \cdot X_2 + \text{error}$   
 LSOla = -10.55 + 0.6254\*longitud + 0.5163\*anchura ± 0.2275

### f. Regresión para TFDSmb

```
> summary(lm (TFDSmb ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.114648 -0.042951 -0.003325  0.035238  0.131342
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.54801   0.97701  -0.561   0.577
long          0.08877   0.08449   1.051   0.298
gros          0.01691   0.13067   0.129   0.898
anch         -0.05701   0.09662  -0.590   0.558
Residual standard error: 0.065 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.0271,    Adjusted R-squared: -0.03128
F-statistic: 0.4642 on 3 and 50 DF,  p-value: 0.7085
```

### g. Regresión para TFDSlb

```
> summary(lm (TFDSlb ~ long + gros + anch))
```

```

Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.12204 -0.05150 -0.01594  0.06082  0.12920
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.04164    1.04907  -0.040   0.968
long         0.01781    0.09072   0.196   0.845
gros         0.13303    0.14031   0.948   0.348
anch        -0.08579    0.10374  -0.827   0.412
Residual standard error: 0.0698 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.0237,    Adjusted R-squared: -0.03488
F-statistic: 0.4045 on 3 and 50 DF,  p-value: 0.7504

```

#### h. Regresión para TFDpb

```

> summary(lm (TFDPb ~ long + gros + anch))
Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.261336 -0.072857  0.004434  0.066610  0.296432
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.44392    1.91870   0.231   0.818
long         0.06346    0.16593   0.382   0.704
gros         0.26517    0.25662   1.033   0.306
anch        -0.28488    0.18974  -1.501   0.140
Residual standard error: 0.1277 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.0446,    Adjusted R-squared: -0.01272
F-statistic: 0.7781 on 3 and 50 DF,  p-value: 0.5118

```

#### i. Regresión para LSRb

```

> summary(lm (LSRb ~ long + gros + anch))
Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.21586 -0.07953 -0.01130  0.08267  0.27394
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.26173    1.73988  -0.150   0.881
long         0.15404    0.15046   1.024   0.311
gros        -0.12745    0.23271  -0.548   0.586
anch        -0.07057    0.17206  -0.410   0.683
Residual standard error: 0.1158 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.03054,    Adjusted R-squared: -0.02763
F-statistic: 0.525 on 3 and 50 DF,  p-value: 0.6671

```

#### j. Regresión para LSOB

```

> summary(lm (LSOb ~ long + gros + anch))
Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.14510 -0.06381 -0.01512  0.06867  0.19498
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.37857    1.30182   2.595   0.0124 *

```

```

long      -0.25018  0.11258 -2.222  0.0308 *
gros      0.08447  0.17412  0.485  0.6297
anch      0.01630  0.12874  0.127  0.8998
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.08661 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.0967,    Adjusted R-squared: 0.04251
F-statistic: 1.784 on 3 and 50 DF, p-value: 0.1622

```

```

> summary(lm (LSOb ~ long))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.14330 -0.06099 -0.01352  0.06670  0.18670
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.22785    1.26997   2.542  0.0141 *
long        -0.19889    0.09007  -2.208  0.0317 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.08544 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.08574,    Adjusted R-squared: 0.06816
F-statistic: 4.876 on 1 and 52 DF, p-value: 0.03166

```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X + \text{error}$   
 $\text{LSOb} = 3.22 - 0.19889 \cdot \text{longitud} \pm 0.08544$

#### k. Regresión para TFDSmc

```

> summary(lm(formula = TFDSmc ~ long + gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.52825 -0.17910 -0.02723  0.18392  0.64828
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -13.1070     4.1671  -3.145  0.00279 **
long         0.2552     0.3604   0.708  0.48219
gros        1.1177     0.5573   2.005  0.05034 .
anch        0.9748     0.4121   2.365  0.02193 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2772 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.5029,    Adjusted R-squared: 0.4731
F-statistic: 16.86 on 3 and 50 DF, p-value: 1.066e-07

```

```

> summary(lm(formula = TFDSmc ~ gros + anch))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.55533 -0.20261 -0.01621  0.18717  0.65926
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -10.4842     1.8994  -5.520 1.15e-06 ***
gros         1.2547     0.5201   2.412  0.0195 *
anch         1.0088     0.4073   2.477  0.0166 *
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2759 on 51 degrees of freedom

```

Multiple R-squared: 0.4979, Adjusted R-squared: 0.4782  
F-statistic: 25.29 on 2 and 51 DF, p-value: 2.344e-08

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X_1 + \text{Beta}_2 \cdot X_2 + \text{error}$   
TFDSmc = -10.48 + 1.2547\*grosor + 1.0088\*anchura  $\pm$  0.2759

### l. Regresión para TFDSLc

```
> summary(lm(formula = TFDSLc ~ long + gros + anch ))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.65538 -0.19726 -0.02071  0.21676  0.57302
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -16.1140     4.5366  -3.552 0.000845 ***
long          0.5764     0.3923   1.469 0.148022
gros          0.3676     0.6068   0.606 0.547340
anch          1.4096     0.4486   3.142 0.002819 **
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.3018 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4835, Adjusted R-squared: 0.4525
F-statistic: 15.6 on 3 and 50 DF, p-value: 2.731e-07
```

```
> summary(lm(formula = TFDSLc ~ long + anch ))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.61688 -0.20508 -0.04648  0.21705  0.58706
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -16.3530     4.4913  -3.641 0.000635 ***
long          0.6589     0.3656   1.802 0.077442 .
anch          1.5919     0.3306   4.815 1.35e-05 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2999 on 51 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4797, Adjusted R-squared: 0.4593
F-statistic: 23.51 on 2 and 51 DF, p-value: 5.824e-08
```

Ecuación de regresión:  $Y = \text{Beta}_0 + \text{Beta}_1 \cdot X_1 + \text{Beta}_2 \cdot X_2 + \text{error}$   
TFDSLc = -16.35 + 0.6589\*longitud + 1.5919\*anchura  $\pm$  0.2999

### m. Regresión para TFDPC

```
> summary(lm(formula = TFDPC ~ long + gros + anch ))
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.24566 -0.08163 -0.01328  0.10579  0.25900
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.76935     1.86392  -0.413  0.682
long          0.08878     0.16119   0.551  0.584
gros          0.34305     0.24930   1.376  0.175
anch         -0.20255     0.18432  -1.099  0.277
Residual standard error: 0.124 on 50 degrees of freedom
```

Multiple R-squared: 0.06064, Adjusted R-squared: 0.00428  
 F-statistic: 1.076 on 3 and 50 DF, p-value: 0.3678

#### n. Regresión para LSRc

```
> summary(lm(formula = LSRc ~ long + gros + anch ))
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.254789 -0.089271 -0.003587  0.090754  0.223625
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.93011    1.93035  -1.000   0.322
long         0.24864    0.16694   1.489   0.143
gros        -0.08872    0.25818  -0.344   0.733
anch        -0.03570    0.19089  -0.187   0.852
Residual standard error: 0.1284 on 50 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.04382, Adjusted R-squared: -0.01355
F-statistic: 0.7638 on 3 and 50 DF, p-value: 0.5197
```

### 3.3. Resonancia magnética nuclear y ecografía.

Como trabajo complementario al reseñado con anterioridad se abordó el estudio ecográfico de la misma región, simultáneamente con RMN. Aunque en resonancia se capturaron las imágenes correspondientes a la serie completa transversal y parasagital, en el presente estudio se incluyen exclusivamente las imágenes con las que se puede hacer la correspondiente correlación ecográfica. Por lo tanto se presenta el corte sagital (Figura 78) y las imágenes correspondientes a los niveles ecográficos proximal, medio y distal o PIA (Figura 79), PIB (Figura 80), y PIC (Figura 81). La secuencia e identificación de estructuras es idéntica a la que consta en la plantilla elaborada al efecto (ver figura 23).

## **4. DISCUSIÓN**



#### 4. DISCUSIÓN

Tal y como se ha comentado en el correspondiente capítulo de material y métodos la raza denominada caballo de deporte español es de muy reciente creación y no tiene todavía un patrón zootécnico completamente definido, aunque los organismos oficiales implicados en ese menester se esfuerzan en ello. Habrá que esperar algunos años hasta que se llegue a definir un modelo morfológico definitivo debido a que de una manera paulatina se aspira a que el CDE del futuro responda a parámetros bien establecidos. Para el caso concreto del CDE el presente trabajo arroja algunos datos morfológicos de interés (ver más adelante).

Lo que ha ocurrido con la raza de referencia no es de extrañar ya que sucedió algo muy parecido en otros países europeos tales como, por ejemplo, en Alemania, Francia e Irlanda, con las razas hannoveriana, silla francés y caballo irlandés respectivamente. La explicación a la creación/aparición de nuevas razas equinas tales como las que se comentan fue consecuencia de que, en distintas épocas y en diferentes países, surgió la necesidad de agrupar bajo una misma denominación a un tipo de caballo existente en cada país que competía a nivel internacional en las distintas modalidades de la especialidad hípica -doma, salto y concurso completo- y que, sin embargo, esos caballos no pertenecían a una raza reconocida. Así se hizo con las razas anteriormente consignadas y también se ha hecho con la CDE y, tanto unas como la otra, están inscritas en el Libro de Registro oficial creado al efecto por la Worl Breeding Federation for Sport Horses (WBFSH), (<http://www.wbfsch.org/?GB.aspx>).

Por lo que se refiere a la anatomía de la región compedal conviene hacer en este apartado determinadas consideraciones. En primer lugar, es imprescindible aclarar que dicha región pertenece a la denominada mano del caballo que, de acuerdo con la versión oficial derivada de la interpretación de la *Nomina Anatomica Veterinaria* (Schaller, 1992) es una parte del dedo comprendida entre la articulación metacarpo falangiana y la región coronal. Por lo tanto es una región de gran complejidad ya que incluye las articulaciones metacarpofalangiana e interfalangiana proximal, así como parte de los cartílagos ungulares lateral y medial y estructuras asociadas, y el tejido existente entre los mencionados límites. No obstante, la definición anotada tiene un valor estricto en cuanto a morfología externa y/o topografía, y más limitado cuando se procede al estudio del dedo de esta especie. La razón de ello es que en la práctica diaria profesional, cuando se aborda el estudio del dedo equino lo habitual es considerar la región metacarpiana con su correspondiente base ósea (tercer hueso metacarpiano), la región falangiana proximal con su correspondiente base ósea (la primera falange) y la región falangiana distal que incluiría las falanges segunda y tercera, ambas parcial o totalmente englobadas por el casco; en esta última región se admiten varias subdivisiones. A las tres regiones mencionadas habría que añadir las articulaciones correspondientes: metacarpo-falangiana e interfalangianas proximal y distal.

En el presente trabajo, la región compedal se ha considerado como “la región de la cuartilla” y en consecuencia se ha estudiado la zona comprendida entre las articulaciones metacarpo-falangiana e interfalangiana proximal, excluidas ambas. Del tejido blando asociado a su cara palmar se han omitido las estructuras de conducción—arterias, venas y nervios— y los ligamentos sesamoideos cruzados y cortos. Las consideraciones que se hacen a continuación conciernen, por lo tanto, exclusivamente a los tendones de los músculos flexores

digitales superficial y profundo, y a los ligamentos sesamoideos recto y oblicuos.

Desde un punto de vista conceptual el estudio aquí realizado es en su totalidad anatómico ya que, de una manera u otra, lo que se ha hecho ha sido analizar la morfología de determinadas estructuras utilizando distintos procedimientos. Analizar los tendones y ligamentos seleccionados mediante disección, cortes en congelación, imágenes ecográficas o imágenes de RMN no deja de ser anatomía, si bien es cierto que unos procedimientos, disección en primer lugar y cortes seriados en segundo término, complementan y son esenciales para otros, ecografía y resonancia. Sin embargo, debido a que la finalidad primordial del presente trabajo fue desde el primer momento utilizar los resultados obtenidos para ofrecer una información fiable y de utilidad a los especialistas en clínica equina, se ha considerado pertinente titular el estudio como anatomía aplicada. A pesar de que adjetivar la ciencia anatómica no tiene demasiado sentido, en este caso es admisible si se acepta el breve razonamiento expuesto.

Lógicamente la disección de la cara palmar de la región compedal (de la cuartilla) realizada en el CDE revela una anatomía idéntica a la que caracteriza a la especie equina. No obstante, ciertos detalles merecen comentario. Si se toman como ejemplo tres textos clásicos de anatomía veterinaria (Barone, 1980; Getty, 1975; Nickel et al., 1986), representativos de distintas escuelas del conocimiento, se observa cómo entre ellos no hay coincidencia total cuando se describen los puntos de fijación de las estructuras musculares y tendinosas de referencia. La discrepancia viene motivada por dos hechos. El primero de ellos es consecuencia de la existencia del escudo medio, estructura que es el lugar de fijación de parte de las formaciones analizadas según la interpretación de los autores de la escuela francesa (fundamentalmente están afectados las fijaciones

distales del tendón del músculo flexor digital superficial y del ligamento sesamoideo recto), y a partir de esos escudos la fijación se hace en lugares concretos tal y como detallan los autores de la escuela alemana y, en cierta medida, los de la escuela norteamericana (trígono de la primera falange y tuberosidad flexora de la segunda falange). Hay que indicar que cada una de las versiones tiene su grado de acierto y que, en líneas generales, la discrepancia se debe a una cuestión de interpretación en donde la subjetividad juega un papel definitivo. La versión de la Nómima (Schaller, 1992) es al parecer intencionadamente ambigua ya que no da puntos concretos de fijación para las estructuras afectadas.

También puede considerarse como una cuestión de carácter interpretativo la segunda discrepancia que se desea comentar. En este caso afecta a los ligamentos sesamoideos recto y oblicuos, más concretamente a su posible división en fascículos. Robert Barone (Barone, 1980) entiende que los ligamentos sesamoideos oblicuos (él los denomina ligamentos sesamoideos del plano medio) están constituidos por tres fascículos, lateral, medio y medial, en tanto que el ligamento sesamoideo recto es único. Por el contrario, los anatomistas alemanes (Nickel et al., 1986) son de la opinión de que el ligamento sesamoideo recto tiene dos fascículos, superficial y profundo, y el ligamento sesamoideo oblicuo dos, lateral y medial. En el presente trabajo se sugiere que, tanto en un caso como en el otro, cualquiera que sea la opción elegida debe hacerse con las pertinentes puntualizaciones.

La disección de la región pone de manifiesto claramente que el punto principal de fijación distal del tendón del músculo flexor digital superficial es el escudo medio y que a ambos lados del escudo, lateral y medialmente, se proyecta cada una de las ramas. Igual de evidente es la fijación distal del ligamento sesamoideo recto en el escudo

medio. Otro dato a tener en cuenta es la relativa facilidad con la que se pueden separar, en dos planos, los fascículos superficial y profundo de los ligamentos sesamoideos oblicuos, detalle que no está recogido en la bibliografía especializada.

En distintas fases de la redacción se ha hecho mención a la complejidad de la región compedal (cuartilla), complejidad que viene determinada no solo por el número de estructuras –tejido blando– que la integran sino también por la falta de homogeneidad de las mismas. Por lo que se refiere a los tendones, la falta de uniformidad en la apariencia de las secciones transversales no es demasiado acusada en el TDFP, aunque cambia su contorno de proximal a distal, pero es muy manifiesta en el TDFS, por su división en las ramas lateral y medial y lo que ello conlleva. El mayor problema para realizar una correcta interpretación de las secciones transversales de los ligamentos concierne a dos puntos principales; el primero en cuanto a la falta de un criterio riguroso y definitivo que sirva para agrupar los distintos fascículos de los ligamentos en una parte concreta de los mismos; el segundo, en parte como consecuencia de lo anterior, por los puntos de fijación distal tanto de los ligamentos sesamoideos oblicuos como del ligamento sesamoideo recto.

Parece obvio que la anatomía básica deducida de la disección es la guía a seguir en el momento de leer los cortes seriados en congelación, y la disección y las secciones congeladas lo son para el correcto estudio ecográfico. Se entiende que en este capítulo de discusión, en el apartado de ecografía, es pertinente incluir comentarios de carácter general para aclarar determinados aspectos de la técnica de ultrasonidos y sus aplicaciones.

A día de hoy puede afirmarse que existe un acuerdo prácticamente unánime entre los especialistas en clínica equina en cuanto a que la ecografía es la técnica de diagnóstico más adecuada

cuando se trata de explorar el tejido blando. A ese acuerdo se ha llegado a través de múltiples publicaciones científicas prácticamente desde los inicios de la década de los ochenta del siglo pasado, fecha en la que apareció la que se considera referencia clave en este tema (Rantanen, 1982). Desde el inicio, los profesionales decididos a implantar la ecografía como un método diagnóstico hacían referencia no solo a la bondad de la técnica sino a su accesibilidad económica, a su seguridad y a su peculiaridad como método no invasivo, además de las posibilidades que ofrecía para la investigación en morfología básica (Genovese et al., 1986). La ecografía al ser utilizada como método diagnóstico marca la pauta para establecer las diferencias pertinentes entre tejido sano y enfermo, tejido blando que en el caso de las extremidades afecta a los músculos y de una manera más determinante a tendones y ligamentos (Hauser y Rantanen, 1983; Rantanen et al., 1983; Pharr y Nyland, 1984).

Los problemas inherentes a la interpretación de imágenes ecográficas en general y de las extremidades en particular se fueron solucionando por el convencimiento de que había principios elementales que todos los usuarios de la técnica deberían admitir. En primer lugar, la exigencia de un conocimiento preciso de las formaciones anatómicas que conforman la región o zona a explorar, y de sus características (Denoix, 1994a; Gillis et al., 1997; Miles, 1996), y en segundo término la conveniencia de poseer una idea básica sobre el funcionamiento de los ultrasonidos aplicados a la exploración clínica (Kremkau, 1984; Redding, 2001). En relación con este segundo punto, el usuario de la técnica ecográfica debe tener los conocimientos suficientes para diferenciar artefactos en la imagen de posibles lesiones, artefactos que aparecen en la pantalla del ecógrafo como consecuencia de variados factores, estudiados con rigor tanto en medicina humana como en medicina veterinaria (Goldstein y Madrazo, 1981; Park et al., 1981; Kremkau y Taylor, 1986; Fornage,

1987; Kirberger, 1995). Aunque, por regla general, los clínicos realizan el estudio del tejido blando mediante el análisis de imágenes ecográficas transversales, en ocasiones es aconsejable la obtención de imágenes parasagitales, frontales o latero-mediales, e incluso oblicuas. Como se comprenderá, la orientación de la sonda del ecógrafo debe ser repetitiva para cada uno de los casos puesto que modificaciones en su colocación puede alterar ostensiblemente el resultado obtenido.

Probablemente, la mano del caballo –en especial su cara palmar y la región metacarpiana- sea la parte de la anatomía mejor estudiada ecográficamente entre otras razones por la circunstancia de ser la zona más expuesta a lesiones en cuanto a la locomoción se refiere (ver introducción). No es de extrañar, por lo tanto, que sea la zona mencionada la elegida para hacer las demostraciones pertinentes, que incluyen ensayos experimentales de distinta índole.

Especialistas en ecografía (Genovese et al., 1986; Rantanen y McKinnon, 1998) apuntan a que una valoración objetiva de las imágenes ecográficas debe hacerse cuando menos en relación con dos datos esenciales: el tamaño de la estructura analizada, que habitualmente se realiza mediante la expresión del “área de la sección transversal” (Riemersma y Schamahardt, 1985; Smith et al., 1994; Gillis et al., 1995a, 1995b; Agut et al., 2009), y el análisis de la escala de grises, que presenta distintas variantes (Nicoll et al., 1992; Wood et al., 1993, 1994; Tsukiyama et al., 1996; van Schie et al., 1999, 2000, 2001, 2003; Crevier-Denoix et al., 2005; Agut et al., 2009). En ciertas ocasiones, uno o los dos parámetros mencionados se asocian con la histología del tendón y/o ligamento de que se trate (Crass et al., 1992; Gillis et al., 1997; van Schie y Bakker, 2000; van Schie et al., 2000, 2001). Durante la realización del trabajo se pensó en incluir datos sobre la ecogeneidad del tejido estudiado y también

en establecer correspondencias entre ecografías e histología de los tendones y ligamentos. La primera idea se desechó porque presentaba altas dosis de subjetividad y la segunda porque no es posible hacer cortes seriados histológicos de los tendones y menos aún de los ligamentos, por lo que se piensa que los artículos que incluyen ese tipo de información, citados en páginas anteriores, son cuestionables en cuanto a la supuesta secuencia de la serie.

En contraste con la proliferación de estudios y publicaciones relativas a la ecografía de la cara palmar de la región metacarpiana, llama la atención el hecho de que únicamente existan siete trabajos específicos para la región estudiada en el presente trabajo. (McClellan y Dolby, 1986; Denoix et al., 1991 y 1993; Dyson, 1992; Dyson y Denoix, 1995; McDiarmid, 1995; Reimer, 1997; Whitcomb, 2004), publicaciones a las que hay que añadir trabajos que se ocupan de estructuras concretas asociadas a la región (Gibson et al., 1997; Schneider et al., 2003) y los capítulos que dedican algunos libros de texto al tema en cuestión (Rantanen y McKinnon, 1998; Reef y Genovese, 2003).

Dos de las publicaciones mencionadas como específicas para la región de referencia (McClellan y Dolby, 1986; Dyson, 1992) son esencialmente de divulgación o información para los profesionales y se dedican a dar indicaciones muy útiles y acertadas para la realización de ecografías en la zona. Otra de ellas (McDiarmid, 1995) prácticamente centra toda su atención en la región metacarpiana, con breve alusión a la posibilidad de lesión debida a la inflamación de los ligamentos sesamoideos. El grupo de Denoix (Denoix et al., 1991), puntero en este tipo de estudios, analiza con detalle la región e incluye datos sobre la anatomía básica, histopatología, ecografía y RMN utilizando los casos recopilados en la clínica en un periodo de dos años y extremidades procedentes del matadero. El mayor



inconveniente de esta publicación estriba en que los caballos estudiados son de procedencia diversa y por lo tanto no pertenecen a una raza concreta, por lo que los datos que se ofrecen en cuanto a medidas deben tomarse con cierta reservas y, máxime, cuando los valores de las estructuras medidas se refieren a su espesor y/o su longitud y no al área o superficie. No obstante, es un trabajo de referencia de gran valor.

En una línea similar Dyson y Denoix (1995) realizan una introducción de mucho interés en la que se hace un repaso exhaustivo de la anatomía de la región, y a continuación establecen una relación de las lesiones que afectan a los distintos tejidos: distensión y tendinitis en el tendón del músculo flexor digital superficial, tendinitis en el tendón del músculo flexor digital profundo y desmitis de los ligamentos sesamoideos.

La casuística clínica es el objetivo de las publicaciones de Denoix (1993), Reimer (1997) y Whitcomb (2004), observándose discrepancias en cuanto a la estructura que está más expuesta a lesiones en la región; para los dos primeros autores es el tendón del músculo flexor digital superficial y para el tercero lo es el tendón del músculo flexor digital profundo, justificándose ese desacuerdo en las razas de caballos empleadas por unos y otros, y a la actividad a la que estaban dedicados los caballos diagnosticados. Finalmente, tanto Gibson (1997) como Schneider (2003) utilizan la ecografía como método diagnóstico y centran su atención en la evolución de las imágenes ecográficas a medida que progresa el tratamiento seleccionado para la tendinitis o desmitis.

El estado actual del conocimiento de la región compedal (cuartilla), en cuanto al estudio ecográfico se refiere, impide elaborar una discusión exhaustiva ya que, como se acaba de comentar, no existen publicaciones previas que ofrezcan datos objetivos sobre

medidas de superficie de los tendones y ligamentos de la superficie palmar del área en cuestión. En consecuencia, la discusión de esta parte deberá orientarse hacia el análisis pormenorizado de la información recogida, que compete al área de la sección transversal de todas y cada una de las estructuras estudiadas.

Afortunadamente, en el momento de diseñar el presente trabajo se pensó en la conveniencia de recoger datos adicionales al estudio ecográfico. Esa información, concerniente al sexo, edad, alzada y peso del animal, y a la longitud, grosor y anchura de la primera falange, ha sido finalmente de gran utilidad. Los resultados del correspondiente análisis estadístico ponen de manifiesto los siguientes puntos de interés.

La primera parte del estudio estadístico realizada mediante modelo factorial permite detectar la existencia de diferencias significativas entre las variables debidas a los dos factores tratamiento "Sexo" y "Edad".

En lo que se refiere al primer factor tratamiento, se pueden observar diferencias significativas en las cinco primeras variables analizadas: "Alzada", "Peso", "Longitud", "Grosor" y "Anchura". El nivel de significación es generalmente del 0,01, excepto en el caso de la variable "Longitud" para la que la probabilidad alcanzada es del 0,019, por lo tanto ligeramente superior a 0,01 pero bien por debajo de 0,05.

Por el contrario no se aprecian por lo general diferencias significativas debidas a este primer factor tratamiento para las variables de superficie, con la excepción de LSOma, LSOla y LSOlb en el nivel de significación de 0,05.

En cuanto al factor tratamiento "Edad", no se han detectado diferencias significativas, excepto para la variable "Anchura" con una probabilidad de 0,037.

Cabe señalar también la ausencia generalizada de efectos significativos de interacción entre los dos factores tratamiento considerados, excepto para las variables "Anchura" y TFDSmc, con probabilidades relativamente bajas de 0,036 y 0,022 respectivamente.

El contraste de medias permite afinar los resultados comentados anteriormente, y aceptar la hipótesis de igualdad de medias para las variables "Alzada", "Peso", "Longitud", "Grosor" y "Anchura", en las categorías de machos y castrados. Por el contrario existen diferencias significativas entre estas categorías y la categoría formada por las hembras.

Los machos y castrados presentan alzadas similares, alcanzando medias en torno a 1,69 y 1,67 m respectivamente, que resultan significativamente superiores a la media de las hembras, que se eleva a 1,65 m. Ocurre lo mismo con el peso, que alcanza valores similares en machos y castrados, con medias de 648 y 619 kg respectivamente, superiores significativamente a la media de las hembras que se sitúa en 585 kg.

Análogos resultados presenta el estudio de las variables "Longitud", "Grosor" y "Anchura". Las medias de estas variables son similares para machos y castrados, y resultan significativamente superiores a las medias de las hembras:

- "Longitud": valores medios de 14,17 y 14,1 cm. para machos y castrados respectivamente, y de 14,04 cm. para las hembras. En el diagrama de caja se puede observar un dato atípico muy por debajo

de lo normal en el grupo de los machos, que sin duda ha tenido efecto en la media.

- "Grosor": valores medios de 5,61 y 5,62 cm. para machos y castrados respectivamente, y de 5,52 cm. para las hembras
- "Anchura": valores medios de 6,27 y 6,22 cm. para machos y castrados respectivamente, y de 6,11 cm. para las hembras.

Con respecto a las superficies LSOma y LSOla, las medias para hembras y machos y para machos y castrados resultan iguales, y en cambio para hembras y castrados son diferentes. Estos resultados pueden explicarse en parte por la presencia de datos atípicos, que se detectan en los diagramas de caja.

Los valores medios de LSOma se elevan a 1,52; 1,57 y 1,34 cm.<sup>2</sup> para machos, castrados y hembras respectivamente. Se observan 8 datos atípicos en el diagrama de caja global y 2 en el de hembras, y el análisis estadístico no encuentra diferencias significativas entre hembras y machos por un lado y machos y castrados por otro.

Los valores medios de LSOla se elevan a 1,53 cm.<sup>2</sup> para machos y castrados, y 1,34 cm.<sup>2</sup> para hembras. Se observa un dato atípico muy por encima de la normalidad en el diagrama de los machos, y otro por debajo de lo normal en el grupo de los castrados.

Por último para la superficie LSOOb las medias resultan iguales independientemente del sexo del animal, con valores de 0,41 cm.<sup>2</sup> para machos y castrados, y 0,45 cm.<sup>2</sup> para hembras. Estos resultados pueden explicarse también en parte por la presencia de un dato muy atípico en el diagrama de caja de los machos.

El estudio de regresión sobre Peso y Alzada en primer lugar, y sobre Longitud, Grosor y Anchura en segundo lugar, ofrece resultados dispares con distintas perspectivas para su aplicabilidad práctica en la clínica equina.

En varios modelos se obtienen bajos coeficientes de determinación porque la variable respuesta presenta una elevada variabilidad intrínseca, es decir la variabilidad no explicable en base a otras variables explicativas, por muy complejo que sea el modelo considerado.

Así dos animales idénticos respecto de las variables explicativas pueden presentar valores bastante diferentes en la variable respuesta. La consecuencia es que las predicciones del modelo serán imprecisas, aunque por supuesto mejores que la no consideración de las variables explicativas. En estos casos los modelos más complejos no consiguen mejorar los bajos valores del coeficiente de determinación.

En cuanto a los primeros modelos de regresión de las variables Longitud, Grosor y Anchura, y las superficies analizadas, sobre Peso y Alzada, los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de la primera variable explicativa –Peso- para la predicción de la mayoría de las variables consideradas.

En los casos en los que se dispone tanto de modelos globales, correspondientes a todos los datos, como de modelos parciales obtenidos para grupos de animales clasificados por sexo, de acuerdo con la primera parte del estudio estadístico realizado, hay que destacar la analogía de los resultados, que se aprecia tanto en las tablas presentadas como en los gráficos que representan las diversas rectas de regresión superpuestas, que ofrecen un alto grado de paralelismo.

A la vista de estos resultados parecen preferibles los modelos globales sin diferencias por sexo, es decir para la práctica clínica podría recomendarse la utilización de las ecuaciones de regresión obtenidas con todos los datos.

Los modelos obtenidos para todos los datos y para los animales agrupados por Sexo de acuerdo con la primera parte del estudio estadístico, es decir machos y castrados por un lado y hembras por otro, resultan análogos y moderadamente satisfactorios.

Para las variables de área, no se han podido hallar variables explicativas para TFDPa, LSRa, TFDSmb, TFDSlb, TFDPb, LSRb, LSOB y TFDPc. Para las demás variables sin embargo el peso constituye la referencia más importante para la predicción de sus valores.

En el caso de las dos variables de superficie que presentan diferencias significativas según categorías de sexo, es decir LSOMA y LSOLA, el análisis de los resultados lleva a la misma consideración realizada para las variables Longitud, Grosor y Anchura, en el sentido de que parecen preferibles los modelos globales a los obtenidos por categorías de sexo para la utilización clínica de las ecuaciones de regresión.

En el estudio de regresión sobre las variables Longitud, Grosor y Anchura, cabe resaltar la ausencia de un patrón de comportamiento claro para el conjunto de las variables investigadas. Para las áreas TFDSmb, TFDSlb, TFDPb, LSRb, TFDPc y LSRc no se ha logrado poner de manifiesto efectos significativos de las variables explicativas. En cuanto a las restantes áreas, se han obtenido ecuaciones de regresión de segundo grado para las variables TFDPa, LSRa, LSOMA, LSOLA, TFDSmc y TFDSLc, y ecuaciones de primer grado con una sola variable explicativa para las variables TFDSA y LSOB.

La discusión del apartado correspondiente al análisis estadístico evidencia la complejidad anatómica a la que se hacía referencia en páginas anteriores. En efecto, se aprecia como en determinadas medidas de superficie –LSOMA, LSOLA, LSOB, TFDSmc, TFDSLc y LSR- ciertas variables dan resultados que serían muy difíciles de

interpretar si no fuese precisamente porque corresponden a las estructuras que son objeto de conflicto morfológico.

Pudiera ser que las medidas de superficies consideradas en el presente trabajo estuviesen más relacionadas, en cuanto a posibles modificaciones, con variables tales como la raza caballar, con la disciplina deportiva a la que está dedicado el caballo en cuestión y con el grado de entrenamiento a que está sometido el caballo en un momento determinado, como sucede con los tendones de los músculos flexores en la región metacarpiana (Patterson-Kane et al., 1997; Cherdchutham et al., 2001; Creveir-Denoix et al., 2009). También, referido a esta misma región metacarpiana y a los músculos flexores, algunos autores insisten en la influencia de la edad en los cambios estructurales pero hay que tener en cuenta que, por ejemplo, para unos casos esa variación se consigna a nivel molecular (Birch et al., 1999) y para otros se detectan cambios en los primeros meses de entrenamiento (Gillis et al., 1993). Las variaciones por edad, en cualquier caso, parece que serían más sencillas de detectar en caballos jóvenes (cuando inician su vida deportiva) y viejos (al final de su vida útil), por lo que los resultados obtenidos en el presente estudio son coherentes ya que el rango de edad de los animales estudiados está entre los 5 y 15 años.

De acuerdo con la cronología expositiva que se ha llevado a cabo en este texto, se finaliza el capítulo de discusión con la parte correspondiente a resonancia. La RMN es una técnica de imagen de gran interés en clínica equina que cuenta con el apoyo decidido de prestigiosos especialistas en el tema. Entre ellos cabe mencionar a Jean Marie Denoix, como experto en representaciones de las nuevas técnicas de imagen basadas siempre en el rigor del conocimiento anatómico (Denoix, 1994b, 2002; Denoix et al., 1989), y al grupo de

Sue Dyson y Rachel Murray (Dyson et al., 2003a, 2005, 2008; Murray et al., 2006b; Nagy et al., 2008; Nagy y Dyson 2009, 2011a, 2011b; Smith et al., 2011). Gracias a las facilidades dadas por los responsables del “Servicio de Diagnóstico por Imagen” del Hospital Clínico Veterinario Complutense se tuvo la oportunidad de hacer RMN de la región compedal (cuartilla), como análisis complementario al estudio ecográfico, y se pudieron constatar las ventajas e inconvenientes de la técnica. Entre las ventajas habrá que señalar la calidad de las imágenes que se obtienen, la relativa facilidad con que se puede hacer la interpretación de las mismas, ya que existe una coincidencia grande entre las imágenes de RMN y los cortes seriados en congelación, la aplicación de la técnica para el estudio de prácticamente cualquier estructura de la mano del caballo, la posibilidad de hacer la RMN en cualquier plano del espacio y en cualquier orientación que se desee, y que en una sola sesión se hace un “barrido completo” de la región considerada, en este caso de la serie completa transversal y parasagital de la región compedal (cuartilla). Los mayores inconvenientes vendrían determinados, en primer lugar, por la escasa o nula posibilidad del uso sistemático de la técnica por los profesionales clínicos debido al elevado coste de los equipos y, en segundo término, porque la técnica requiere la anestesia general del caballo. A pesar de lo anterior, a día de hoy se recomendaría la RNM cuando existiesen dudas a la hora de hacer un diagnóstico definitivo en un ejemplar excelente y se sospechase que la técnica aclararía la cuestión. Igualmente, la RMN se empela en los grandes hospitales equinos con fines diagnósticos y en experimentación. Con probabilidad, en el futuro y con el desarrollo y evolución tecnológica la RMN pueda llegar a utilizarse como una técnica rutinaria. Lo que es seguro es la evidencia de la bondad de la técnica y el carácter complementario de la misma con respecto a otras técnicas de diagnóstico por imagen.



## **5. CONCLUSIONES**

## 5. CONCLUSIONES

La complejidad anatómica del tejido blando de la cara palmar de la región compedal (cuartilla) del caballo, determinada principalmente por la topografía, por la orientación de las fibras y por la falta de uniformidad en el recorrido de cada una de las estructuras que la integran, aconseja establecer diferencias para las medidas de superficie obtenidas por ecografía, analizadas con posterioridad estadísticamente.

Un primer grupo estaría compuesto por las superficies correspondientes al tendón del músculo flexor digital profundo en los niveles proximal, medio y distal, al tendón del músculo flexor digital superficial en el nivel proximal, y al ligamento sesamoideo recto en los niveles proximal y medio. Los valores medios de superficie calculados para esas seis estructuras son de máxima fiabilidad.

Un segundo grupo lo integrarían las superficies correspondientes al tendón del músculo flexor digital superficial en el nivel medio, y al ligamento sesamoideo oblicuo a nivel proximal. Los valores medios de superficie calculados para esas cuatro estructuras son igualmente fiables pero en este caso pequeñas variaciones en el nivel concreto seleccionado tienen influencia notable.

Al tercer y último grupo pertenecerían las cuatro superficies restantes, es decir las correspondientes al tendón del músculo flexor digital superficial en el nivel distal, al ligamento sesamoideo recto en el nivel distal, y al ligamento sesamoideo oblicuo a nivel medio. Los valores medios de superficie calculados para esas cuatro estructuras son de la misma manera fiables pero en esta ocasión los puntos de fijación deben considerarse con sumo cuidado, ya que el escudo medio puede alterar los resultados. Se sobreentiende que, para todos

los casos, la sonda del ecógrafo debe situarse perpendicular a las fibras del tejido.

El conjunto de las medidas de superficie analizadas no guarda relación determinante con ninguna de las "variables externas" introducidas: edad, sexo, peso y alzada del caballo y longitud, grosor y anchura de la primera falange.

Por primera vez se ha utilizado el caballo de deporte español en un estudio de estas características, por lo que ha constituido un trabajo pionero. Se ha podido constatar un claro dimorfismo sexual en la raza elegida.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Adams OR. 1974. Lameness in horses. Third edition. Lea and Febiger, Philadelphia.

Agut A, Llanos M, Sánchez-Valverde MA, Soler M, Rodríguez MJ. 2009. Ultrasonographic characteristics (cross-sectional area and relative echogenicity) of the digital flexor tendons and ligaments of the metacarpal region in purebred Spanish horses. *Vet J.* 180, 377-383.

Agüera E, Sandoval J. 1999. Anatomía aplicada del caballo. Harcourt Brace, Madrid.

Ashdown RR, Done S. 1987. Color atlas of veterinary anatomy. The horse. Lippincott, Philadelphia.

Avella CS, Ely ER, Verheyen KL, Price JS, Wood JL, Smith RK. 2009. Ultrasonographic assessment of the superficial digital flexor tendons of National Hunt racehorses in training over two racing seasons. *Equine Vet J.* 41, 449-454.

Back W, Clayton HM. 2000. Equine locomotion. Saunders, Philadelphia.

Back W, Barneveld A, Schamhardt HC, Bruin G, Hartman W. 1994. Longitudinal development of the kinematics of 4-, 10-, 18- and 26-month-old Dutch Warmblood horses. *Equine Vet J.* 17, 3-6.

Back W, Schamhardt HC, Savelberg HCCM, Bogert AJ, Bruin G, Hartman W, Barneveld A. 1995. How the horses moves. 1. Significance of graphical representations of equine forelimb kinematics. *Equine Vet J.* 27, 31-38.

Barone R. 1980. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2. Arthrologie et miologie. Vigot, Paris.

Berg R. 1978. Anatomía topográfica y aplicada de los animales domésticos. AC, Madrid.

Birch HL, Bailey JV, Bailey AJ, Goodship AE. 1999. Age-related changes to the molecular and cellular components of the equine flexor tendons. *Equine Vet J.* 31, 391-396.

Boehart S, Arndt G, Carstanien B. 2010a. Ultrasonographic morphometric measurements of digital flexor tendons and ligaments of the palmar metacarpal region in Haflinger horses. *Anat Histol Embryol.* 39, 366-375.

Boehart S, Arndt G, Rindermann G, Gmachl M, Carstanjen B. 2010b. Assessment of ultrasonographic morphometric measurements of digital flexor tendons and ligaments of the palmar metacarpal region in Icelandic Horses. *Am J Vet Res.* 71, 1425-1431.

Bosch G, René van Weeren P, Barneveld A, van Schie HT. 2011. Computerized analysis of standardized ultrasonographic images to monitor the repair of surgically created core lesions in equine superficial digital flexor tendons following treatment with intratendinous platelet rich plasma or placebo. *Vet J.* 187, 92-98.

Brokken MT, Schneider RK, Sampson SN, Tucker RL, Gavin PR, Ho CP. 2007. Magnetic resonance imaging features of proximal metacarpal and metatarsal injuries in the horse. *Vet Radiol Ultrasound* 48, 507-517.

Butcher MT, Hermanson JW, Ducharme NG, Mitchell LM, Soderholm LV, Bertram JE. 2007. Superficial digital flexor tendons lesions in racehorses as a sequel to muscle fatigue: a preliminary study. *Equine Vet J.* 39, 540-545.

Budras KD, Sack WO, Röck S. 2005. Atlas de anatomía del caballo. Ediciones S, Barcelona.

Busoni V, Denoix JM. 2001. Ultrasonography of the podotrochlear apparatus in the horse using a transcuneal approach: technique and reference images. *Vet Radiol Ultrasound* 42, 534-540.

Busoni V, Snaps F, Trenteseaux J, Dondelinger RF. 2004. Magnetic resonance imaging of the palmar aspect of the equine podotrochlear apparatus: normal appearance. *Vet Radiol Ultrasound* 45, 198-204.

Cherdchutham W, Meershoek L, van Weeren PR, Barneveld A. 2001. Effects of exercise on biomechanical properties of the superficial digital flexor tendons in foals. *Am J Vet Res.* 62, 1859-1864.

Chesen AB, Dabareiner RM, Chaffin MK, Carter GK. 2009. Tendinitis of the proximal aspect of the superficial digital flexor tendon in horses: 12 cases (2000-2006). *J Am Vet Med Assoc.* 234, 1432-1436.

Clayton HM 2004. The dynamic horse: a biomechanical guide to equine movement and performance. Sport Horse Publications, Michigan.

Clayton HM, Flood PF, Rosenstein DS. 2007. Anatomía clínica del caballo. Elsevier, Amsterdam.

Coudry V, Denoix JM, Didierlaurent D, Rossignol F, Audigié F. 2008. Use of magnetic resonance imaging to diagnose the cause of proximal metacarpal pain in a standardbred trotter. *Vet Rec.* 162, 790-792.

Crass JR, Genovese RL, Render JA, Bellon EM. 1992. Magnetic resonance, ultrasound and histopathologic correlation of acute and healing equine tendon injuries. *Vet Radiol.* 33, 206-216.

Crevier-Denoix N, Ruel Y, Dardillat C, Jerbi H, Sanaa M, Collobert C, Ribot X, Denoix JM, Pourcelot P. 2005. Correlations between mean echogenicity and material properties of normal and diseased equine superficial digital flexor tendons: an in vitro segmental approach. *J Biomech.* 38, 2212-2220.

Crevier-Denoix N, Pourcelot P, Ravary B, Robin D, Falala S, Uzel S, Grison AC, Valette JP, Denoix JM, Chateau H. 2009. Influence of track surface on the equine superficial digital flexor tendon loading in two horses at high speed trot. *Equine Vet J.* 41, 257-261.

Cristóbal JA. 1992. Inferencia estadística. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

Denoix JM. 1989. Biomechanical studies in the athletic horse. Present methods and objectives. *Rec Med Vet.* 165, 107-115.

Denoix JM. 1994a. Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limbs (manus and pes). *Vet Clin North Am Equine Pract.* 10, 273-322.

Denoix JM. 1994b. Diagnostic techniques for identification and documentation of tendon and ligament injuries. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 10, 365-407.

Denoix JM. 2002. The equine distal limb: atlas of clinical anatomy and comparative imaging. Iowa State University Press, Ames.

Denoix JM, Lebas JF, Aubert G. 1989. I.R.M. et échographie des tendons et ligaments chez le cheval: images normales. *Point Vétérinaire* 21, 697-706.

Denoix JM, Crevier N, Azevedo C. 1991. Ultrasound examination of the pastern in the horses. *Proc Am Assoc Equine Pract.* 37, 363-380.



Denoix JM, Lefrancois V, Crevier N, Perrot P, Bousseau B. 1993. L'examen ecographique du parturon chez le cheval. *Prac Vet Equine* 25, 19-27.

Denoix JM, Jacot S, Bousseau B, Perrot P. 1996. Ultrasonographic anatomy of the dorsal and abaxial aspects of the equine fetlock. *Equine Vet J.* 28, 54–62.

Denoix JM, Busoni V, Olalla MJ. 1997. Ultrasonographic examination of the proximal scutum in the horse. *Equine Vet J.* 29, 136–141.

Dik KJ. 2000. Comparative ultrasonographic imaging of equine lameness. Schlutersche, Hannover.

Dik KJ, Gunsser I. 2002. Atlas of diagnostic radiology of the horse: Diseases of the front and distal limbs. 2<sup>nd</sup> edition. Schlutersche, Hannover.

Dik KJ, Vandebelt AJM, Keg PR. 1991. Ultrasonographic evaluation of fetlock annular ligament constriction in the horse. *Equine Vet J.* 23, 285–288.

Dowling BA, Dart AJ. 2005. Mechanical and functional properties of the equine superficial digital flexor tendon. *Vet J.* 170, 184-192.

Drapper NR, Smith H. 1998. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, New York.

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. 2007. Anatomía veterinaria. 3a edición. Manual El Moderno, México.

Dyson S. 1992. Ultrasonographic examination of the pastern region. *Equine Vet Educ.* 4, 254-256.

Dyson S, Denoix JM. 1995. Tendon, tendon sheath, and ligament injuries in the pastern. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 11, 217-233.

Dyson S, Murray R. 2007a. Magnetic resonance imaging evaluation of 264 horses with foot pain: the podotrochlear apparatus, deep digital flexor tendon and collateral ligaments of the distal interphalangeal joint. *Equine Vet J.* 39, 340-343.

Dyson S, Murray R. 2007b. Use of concurrent scintigraphic and magnetic resonance imaging evaluation to improve understanding of the pathogenesis of injury of the podotrochlear apparatus. *Equine Vet J.* 39, 365-369.

Dyson S, Murray R, Schramme M, Branch M. 2003a. Magnetic resonance imaging of the equine foot: 15 horses. *Equine Vet J.* 35, 18-26.

Dyson S, Pilsworth, Twardock R, Martinelli M. 2003b. *Equine scintigraphy*. Blackwell Science Inc, Oxford.

Dyson SJ, Murray R, Schramme MC. 2005. Lameness associated with foot pain: results of magnetic resonance imaging in 199 horses (January 2001-December 2003) and response to treatment. *Equine Vet J.* 37, 113-121.

Dyson S, Blunden T, Murray R. 2008. The collateral ligaments of the distal interphalangeal joint: Magnetic resonance imaging and post mortem observations in 25 lame and 12 control horses. *Equine Vet J.* 40, 538-544.

Edinger J, Mobius G, Ferguson J. 2005. Comparison of tenoscopic and ultrasonographic methods of examination of the digital flexor tendon sheath in horses. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 18, 209–214.

Elliot I, Skeritt G. 2007. *Handbook of veterinary MRI*. Blackwell, Oxford.

Ely ER, Verheyen KL, Wood JL. 2004. Fractures tendon injuries in National Hunt horses in training in UK: a pilot study. *Equine Vet J.* 36, 365-367.

Ely ER., Avella CS, Price JS, Smith RK, Wood JL, Verheyen KL. 2009. Descriptive epidemiology of fracture, tendon and suspensory ligament injuries in National Hunt horses in training. *Equine Vet J.* 41, 372-378.

Faraway JJ. 2004. *Linear models with R.* Chapman and Hall, London.

Farrow CF. 2005. *Veterinary diagnostic imaging: the horse.* Mosby, St Louis.

Fleckenstein P, Trantum-Jensen J. 2008. *Bases anatómicas del diagnóstico por imagen.* 2ª edición. Elsevier, Madrid.

Fornage B. 1987. The hypoechoic normal tendon, a pitfall. *J Ultrasound Med.* 6, 19-22.

Genovese RL, Rantanen NW, Hauser ML, Simpson BS. 1986. Diagnostic ultrasonography of equine limbs. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 2, 145-226.

Getty R. 1975. *Sisson and Grossman's The anatomy of the domestic animals.* Fifth edition. Saunders, Philadelphia.

Gibson KT, Burbidge HM, Anderson BH. 1997. Tendonitis of the branches of insertion of the superficial digital flexor tendon in horses. *Aus Vet J.* 75, 253-256.

Gillis C, Meagher DM, Pool RR, Stover SM, Craychee TJ. 1993. Ultrasonographically detected changes in equine superficial digital flexor tendons during the first months of race training. *Am J Vet Res.* 54, 1797-1802.

- Gillis C, Meagher DM, Cloninger A, Locatelli L, Willits N. 1995a. Ultrasonographic cross-sectional area and mean echogenicity of the superficial and deep digital flexor tendons in 50 trained thoroughbred racehorses. *Am J Vet Res.* 56, 1265-1269.
- Gillis C, Sharkey N, Stover SM, Pool RR, Meagher DM, Willits N. 1995b. Ultrasonography as a method to determine tendon cross-sectional area. *Am J Vet Res.* 56, 1270-1274.
- Gillis C, Pool R, Meagher DM, Stover SM, Reiser K, Willits N. 1997. Effect of maturation and ageing on the histomorphometric and biochemical characteristics of equine superficial digital flexor tendon. *Am J Vet Res.* 56, 1345-1350.
- Goldstein A, Madrazo BL. 1981. Slice-thickness artifacts in gray-scale ultrasound. *J Clin Ultrasound* 9, 365-375.
- Grewal JS, McClure SR, Booth LC, Evans RB, Caston SS. 2004. Assessment of the ultrasonographic characteristics of the podotrochlear apparatus in clinically normal horses and horses with navicular syndrome. *J Am Vet Med Assoc.* 225, 1881-1888.
- Habel RE. 1973. *Applied veterinary anatomy.* Ithaca, New York.
- Hauser ML, Rantanen NW. 1983. Ultrasound appearance of the palmar metacarpal soft tissue of the horse. *J Equine Vet Sci.* 3, 19-22.
- Jobson JD. 1992. *Applied multivariate data analysis. Vol 1. Regression and experimental design.* Springer-Verlag, New York.
- Kasashima Y, Takahashi T, Smith RK, Goodship AE, Kuwano A, Ueno T, Hirano S. 2004. Prevalence of superficial digital flexor tendonitis and suspensory desmitis in Japanese Thoroughbred flat racehorses in 1999. *Equine Vet J.* 36, 346-350.

Kirberger RM. 1995. Imaging artifacts in diagnostic ultrasound, a review. *Vet Radiol Ultrasound* 36, 297-306.

König HE, Liebich HG. 2004. Anatomía de los animales domésticos. Tomo 1. Aparato locomotor. Panamericana, Buenos aires.

Kremkau FW. 1984. Diagnostic ultrasound: principles, instrumentation and exercises. Grune and Stratton, Orlando.

Kremkau FW, Taylor JW. 1986. Artifacts in ultrasound imaging. *J Ultrasound Med*. 5, 227-237.

Lanovaz JL, Khumsap S, Clayton HM, Stick JA, Brown J. 2002. Three-dimensional kinematics of the tarsal joint at the trot. *Equine Vet J*. 34, 308-313.

Liautard A. 1888. Lameness of horses. William R Jenkins Press, New York.

Licka T, Peham C. 1998. An objective method for evaluating the flexibility of the back of standing horses. *Equine Vet J*. 30, 412-415.

McClellan P, Dolby J. 1986. Ultrasonic structure of the pastern. *Equine Vet Sci*. 6, 99-101.

McDiarmid A. 1995. Ultrasonography of the palmar metacarpus and pastern in the horse. *In Practice* 17, 368-376.

Meghoufel A, Cloutier G, Crevier-Denoix N, de Guise JA. 2010. Ultrasound B-scan image simulation, segmentation, and analysis of the equine tendon. *Med Phys*. 37, 1038-1046.

Miles CA. 1996. Ultrasonic properties of tendon: velocity, attenuation, and backscattering in equine digital flexor tendons. *JASA* 99, 3225-3232.

Murray RC. 2011. Equine MRI. Wiley-Blackwell, Oxford.

Murray RC, Roberts BL, Schramme MC, Dyson SJ, Branch M. 2004. Quantitative evaluation of equine deep digital flexor tendon morphology using magnetic resonance imaging. *Vet Radiol Ultrasound*. 45, 103-111.

Murray RC, Dyson SJ, Tranquille C, Adams V. 2006a. Associate type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. *Equine Vet J*. 38, 411-416.

Murray RC, Schramme MC, Dyson SJ, Branch MV, Blunden TS. 2006b. Magnetic resonance imaging characteristics of the foot in horses with palmar foot pain and control horses. *Vet Radiol Ultrasound* 47, 1-16.

Nagy A, Dyson S. 2009. Magnetic resonance anatomy of the proximal metacarpal region of the horse described from images acquired from low- and high-field magnets. *Vet Radiol Ultrasound* 50, 595-605.

Nagy A, Dyson S. 2011a. Anatomical, magnetic resonance imaging and histological findings in the accessory ligament of the deep digital flexor tendon of forelimbs in nonlame horses. *Equine Vet J*. 43, 309-316.

Nagy A, Dyson S. 2011b. Magnetic resonance imaging and histological findings in the proximal aspect of the suspensory ligament of forelimbs in nonlame horses. *Equine Vet J*. doi: 10.1111/j.2042-3306.2011.00365.x.

Nagy A, Dyson SJ, Murray RM. 2008. Radiographic, scintigraphic and magnetic resonance imaging findings in the palmar processes of the distal phalanx. *Equine Vet J*. 40, 57-63.

Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Frewein J, Wilkens H, Wille KH. 1986. The locomotor system of the domestic mammals. Paul Parey, Berlin.

Nicodemns MC, Lanovaz JL, Corn C, Clayton HM. 1999. The application of virtual markers to a joint coordinate system for equine three dimensional motions. *Proc Equine Nutr Physiol Soc.* 16, 24-25.

Nicoll RG, Wood AK, Rothwell TL. 1992. Ultrasonographical and pathological studies of equine superficial digital flexor tendons; initial observations, including tissue characterization by analysis of image grey scale, in a thoroughbred gelding. *Equine Vet J.* 24, 318–320.

O'Meara B, Bladon B, Parkin TDH, Fraser B, Lischer CJ. 2010. An investigation of the relationship between race performance and superficial digital flexor tendonitis in the Thoroughbred racehorse. *Equine Vet J.* 42, 322-326.

Owen KR, Dyson SJ, Parkin TD, Singer ER, Kristoffersen M, Mair TS. 2008. Retrospective study of palmar/plantar annular ligament injury in 71 horses: 2001-2006. *Equine Vet J.* 40, 237-244.

Park RD, Nyland TG, Lattimer JC, Miller CW, Lebel JL. 1981. B-Mode gray scale ultrasound: imaging artefacts and interpretation principles. *Vet Radiol.* 22, 204-210.

Patterson-Kane JC, Firth EC, Goodship AE, Parry D. 1997. Age-related differences in collagen crimp patterns in the superficial digital flexor tendon core region of untrained horses. *Aus Vet J.* 1, 39-44.

Peña D. 2002a. *Análisis de datos multivariantes.* McGraw-Hill, Madrid.

Peña D. 2002b. *Regresión y diseño de experimentos.* Alianza Editorial, Madrid.

Perkins NR, Reid SW, Morris RS. 2005. Risk factors for injury to the superficial digital flexor tendon and suspensory apparatus in Thoroughbred racehorses in New Zeland. *N Z Vet J.* 53, 184-192.

Pharr JW, Nyland TG. 1984. Ultrasonography of the equine palmar metacarpal soft tissues. *Vet Radiol.* 25, 265-273.

Piccot-Crézollet C, Cauvin ER, Lepage OM. 2005. Comparison of two techniques for injection of the podotrochlear bursa in horses. *J Am Vet Med Assoc.* 226, 1524-1528.

Pickersgill CH, Marr CM, Reid SW. 2001. Repeatability of diagnostic ultrasonography in the assessment of the equine superficial digital flexor tendon. *Equine Vet J.* 33, 33-37.

Pourcelot, P. 1999. Développement d'un système d'analyse cinématique 3-D. Application à l'étude de la symétrie locomotrice du cheval au trot. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de L'Université Paris XII.

Popesko P. 1998. Atlas de anatomía topográfica de los animales domésticos. Tomo III. 2ª edición. Masson, Barcelona.

Rantanen NM. 1982. The use of the diagnostic ultrasound in limb disorders of the horse: a preliminary report. *J Equine Vet Sci.* 2, 62-64.

Rantanen NW, McKinnon AO. 1998. Equine diagnostic ultrasonography. Williams & Wilkins, Baltimore.

Rantanen NW, Genovese RL, Gaines R. 1983. The use of diagnostic ultrasound to detect structural damage to the soft tissues of the extremities of the horses. *J Equine Vet Sci.* 3, 134-135.

Redding WR. 2001. Use of ultrasonography in the evaluation of joint disease in horses. Part 1: Indications, technique and examination of the soft tissues. *Equine Vet Educ.* 13, 198-204.

Reef VB. 1998. Equine diagnostic ultrasound. Saunders, Philadelphia.



Reef VB, Genovese RL. 2003. Soft tissue injuries of the pastern. En: "Diagnosis and management of lameness in the horse", Ross MW, Dyson SJ (Eds). Saunders, Philadelphia.

Reimer JM. 1998. Atlas of equine ultrasonography. Mosby, St Louis.

Reimer JM. 1997. Ultrasonography of the pastern: 1. Anatomy and pathology; 2. Outcome of selected injuries in racehorses. Proc Am Assoc Equine Pract. 43, 123-125.

Riegel RJ. 2003. Illustrated atlas of clinical anatomy and common disorders of the horse. Equistar Publications, Ohio.

Riemersma DJ, Schamhardt HC. 1985. In vitro mechanical properties of equine tendons in relation to cross-sectional area and collagen content. Res Vet Sci. 39, 263-270.

Rooney JR. 1969. Biomechanics of lameness in horses. William and Wilkins, Baltimore.

Ross MW, Dyson SJ. 2003. Diagnosis and management of lameness in the horse. Saunders, Philadelphia.

Sack WO, Habel RE. 1977. Rooney's guide to dissection of the horse, Ithaca, New York.

Schaller O. 1992. Illustrated veterinary anatomical nomenclature. Enke, Stuttgart.

Schamhardt HC, van den Bogert AJ, Hartman W. 1993. Measurement techniques in animal locomotion analysis. Acta Anat. 146, 123-129.

Schebitz H, Wilkens H. 1978. Atlas of radiographic anatomy of the horse. Third edition. Paul Parey, Berlin.

Schneider RK, Tucker RL, Habegger SR, Brown J, Leathers CW. 2003. Desmitis of the straight sesamoidean ligament in horses: 9 cases (1995-1997). *J Am Vet Med Assoc.* 222, 973-977.

Schramme M, Kerekes Z, Hunter S, Labens R. 2010. Mr imaging features of surgically induced core lesions in the equine superficial digital flexor tendon. *Vet Radiol Ultrasound* 51, 280-287.

Seber GAF. 1977. Linear regression analysis. John Wiley and Sons, New York.

Slijper EJ. 1946. Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral column and spinal musculature of mammals. *Kon Ned. Akad Wet Verh.* 42, 1-128.

Smith RKW, Jones R, Webbon PM. 1994. The cross-sectional areas of normal equine digital flexor tendons determined ultrasonographically. *Equine Vet J.* 26, 460-465.

Smith MA, Dyson SJ, Murray RC. 2011. The appearance of the equine metacarpophalangeal region on high-field vs. standing low-field magnetic resonance imaging. *Vet Radiol Ultrasound* 52, 61-70.

Spaulding K. 1984. Ultrasonic anatomy of the tendons and ligaments in the distal metacarpal-metatarsal region of the equine limb. *Vet Radiol Ultrasound* 25, 155-166.

Stashak TS. 2002. Adams' lameness in horses. William and Wilkins, Baltimore.

Steyn PF, Schmitz D, Watkins J, Hoffman J. 1989. The sonographic diagnosis of chronic proliferative synovitis in the metacarpophalangeal joints of a horse. *Veterinary Radiology* 30, 125-127.

Thorpe CT, Clegg PD, Birch HL. 2010. A review of tendon injury: why is the equine superficial digital flexor tendon most at risk. *Equine Vet J.* 42, 174-180.

Tsukiyama K, Acorda J, Yamada H. 1996. Evaluation of superficial digital flexor tendinitis in racing horses through grey scale histogram analysis of tendon ultrasonograms. *Vet Radiol Ultrasound* 37, 46-50.

Van Schie HTM, Bakker EM, van Weeren PR. 1999. Ultrasonographic evaluation of equine tendons: a quantitative in vitro study of the effects of amplifier gain level, transducer-tilt, and transducer-displacement. *Vet Radiol Ultrasound* 40, 151–160.

Van Schie HTM, Bakker EM. 2000. Structure-related echoes in ultrasonographic images of equine superficial digital flexor tendons. *Am J Vet Res.* 61, 202-209.

Van Schie HTM, Bakker EM, Jonker AM, van Weeren PR. 2000. Ultrasonographic tissue characterization of equine superficial digital flexor tendons by means of gray level statistics. *Am J Vet Res.* 61, 210-219.

Van Schie HTM, Bakker EM, Jonker AM, van Weeren PR. 2001. Efficacy of computerized discrimination between structure-related and non-structure-related echoes in ultrasonographic images for the quantitative evaluation of the structural integrity of superficial digital flexor tendons in horses. *Am J Vet Res.* 62, 1159-1166.

Van Schie HTM, Bakker EM, Jonker AM, van Weeren PR. 2003. Computerized ultrasonographic tissue characterization of equine superficial digital flexor tendons by means of stability quantification of echo patterns in contiguous transverse ultrasonographic images. *Am J Vet Res.* 64, 366–375.

Van Weeren PR, van den Bogert AJ, Barneveld A. 1990. A quantitative analysis of skin displacement in the trotting horse. *Equine Vet J.* 9, 101-109.

Vanderperren K, Saunders JH. 2009. Diagnostic imaging of the equine fetlock region using radiography and ultrasonography. Part 1: Soft tissues. *Vet J.* 181, 111-122.

Vélez Ibarrola R, García Pérez A. 1993. Principios de inferencia estadística. UNED, Madrid.

Weir J. 2004. Atlas de anatomía por técnicas de imagen. Elsevier, Madrid.

Whitcomb MB. 2004. Ultrasonographic evaluation of the metacarpus, metatarsus and pastern. *Clin Tech Equine Pract.* 3, 238-255.

Williams RB, Harkins LS, Hammond CJ, Wood JL. 2001. Racehorse injuries, clinical problems and fatalities recorded on British racecourses from flat racing and National Hunt racing during 1996, 1997, 1998. *Equine Vet J.* 33, 478-486.

Wood AK, Sehgal CM, Polansky M. 1993. Sonographic brightness of the flexor tendons and ligaments in the metacarpal region of horses. *Am J Vet Res.* 54, 1969–1974.

Wood AKW, Sehgal CM, Reef VB. 1994. Three-dimensional sonographic imaging of the equine superficial digital flexor tendon. *Am J Vet Res.* 55, 1505-1508.

Zietzschmann O, Ackerknecht E, Grau H. 1977. Ellenberger-Baum, Handbuch der vergleichenden anatomie der haustiere. 18 auflage. Springer-Verlag, Berlin.

## **7. ICONOGRAFÍA**

Figura 1. Líneas que definen la arquitectura del tronco según la idea inicial de Slijper (A), adaptadas a la anatomía del caballo (B) y al conjunto del esqueleto (C), con representación del centro de gravedad. (Modificada de acuerdo con Nickel et al., 1986).

Figura 1A

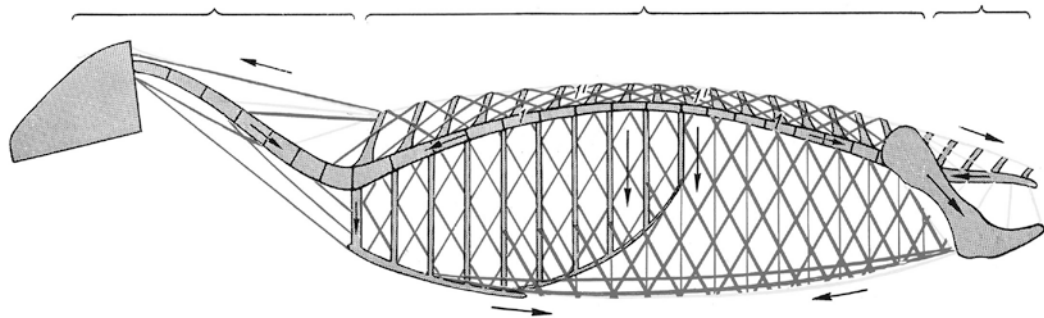


Figura 1B

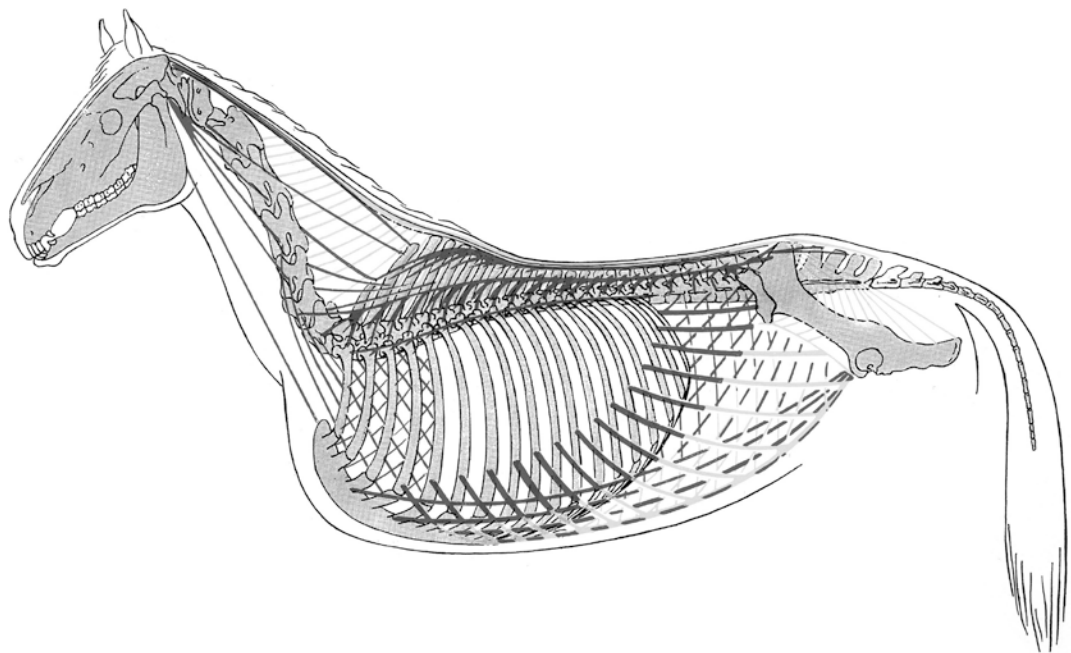


Figura 1C

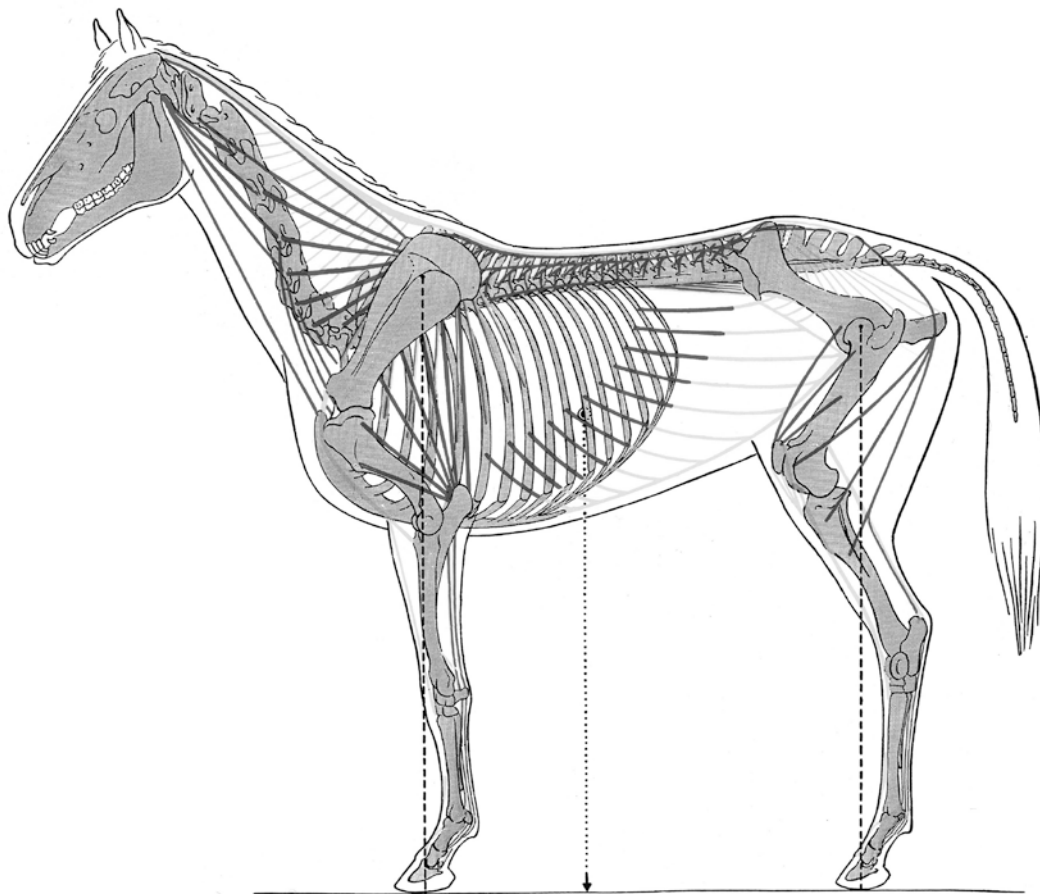




Figura 2. Fotografías de doma clásica (A) y carrera (B) en donde se evidencia como el soporte del peso recae prioritariamente sobre la mano del caballo, círculo. En la fotografía inferior se incluye un esquema anatómico de la mano.

Figura 2A



Figura 2B



Figura 3. Localización más habitual de los marcadores usados en estudios videográficos. Proyección de los marcadores sobre el conjunto del esqueleto del caballo (A), sobre el caballo en ejercicio y esquemáticos (B), y sobre la región falangiana(C).

Figura 3A

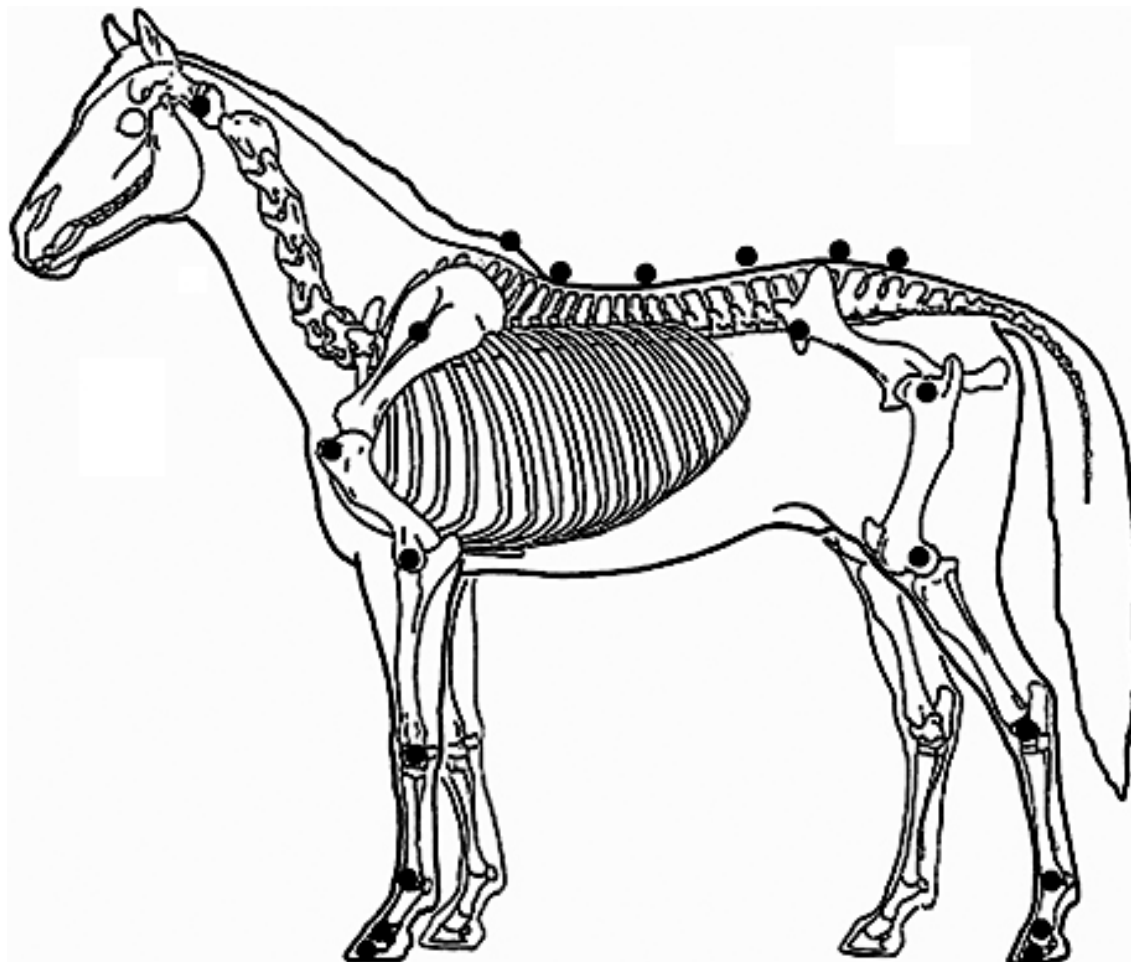


Figura 3B

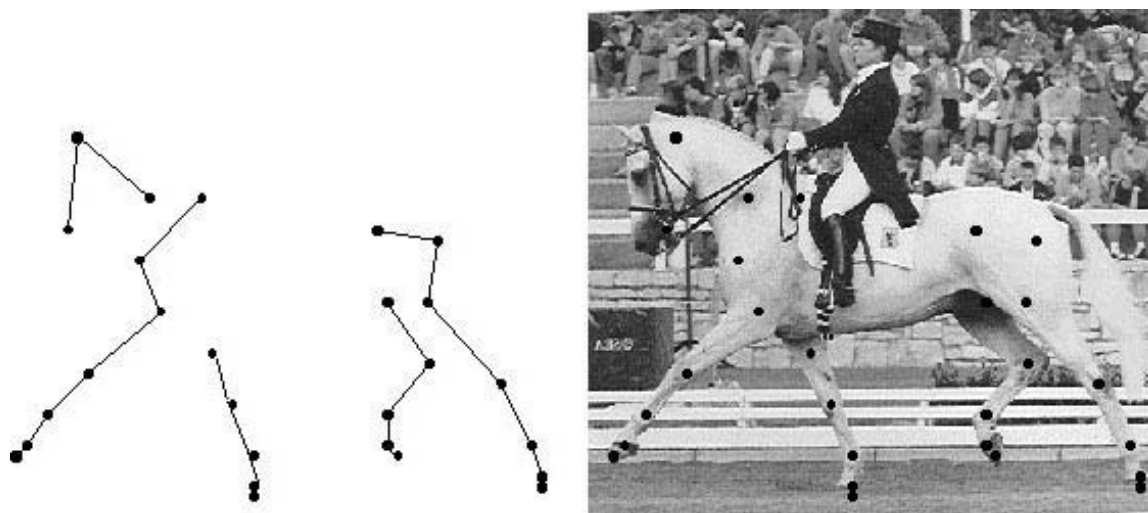


Figura 3C

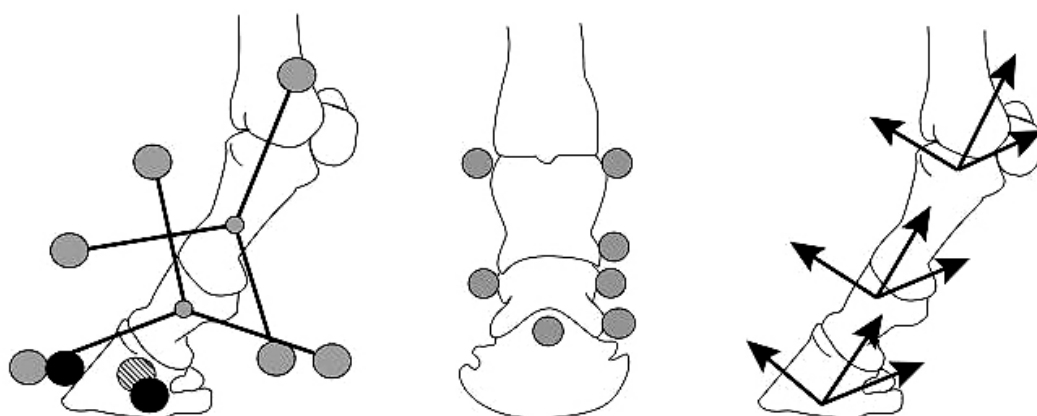


Figura 4. Imágenes de la preparación y resultados de distintas técnicas por imagen aplicadas al caballo: tomografía computerizada (A), escintigrafía (B), termografía (C,D).

Figura 4

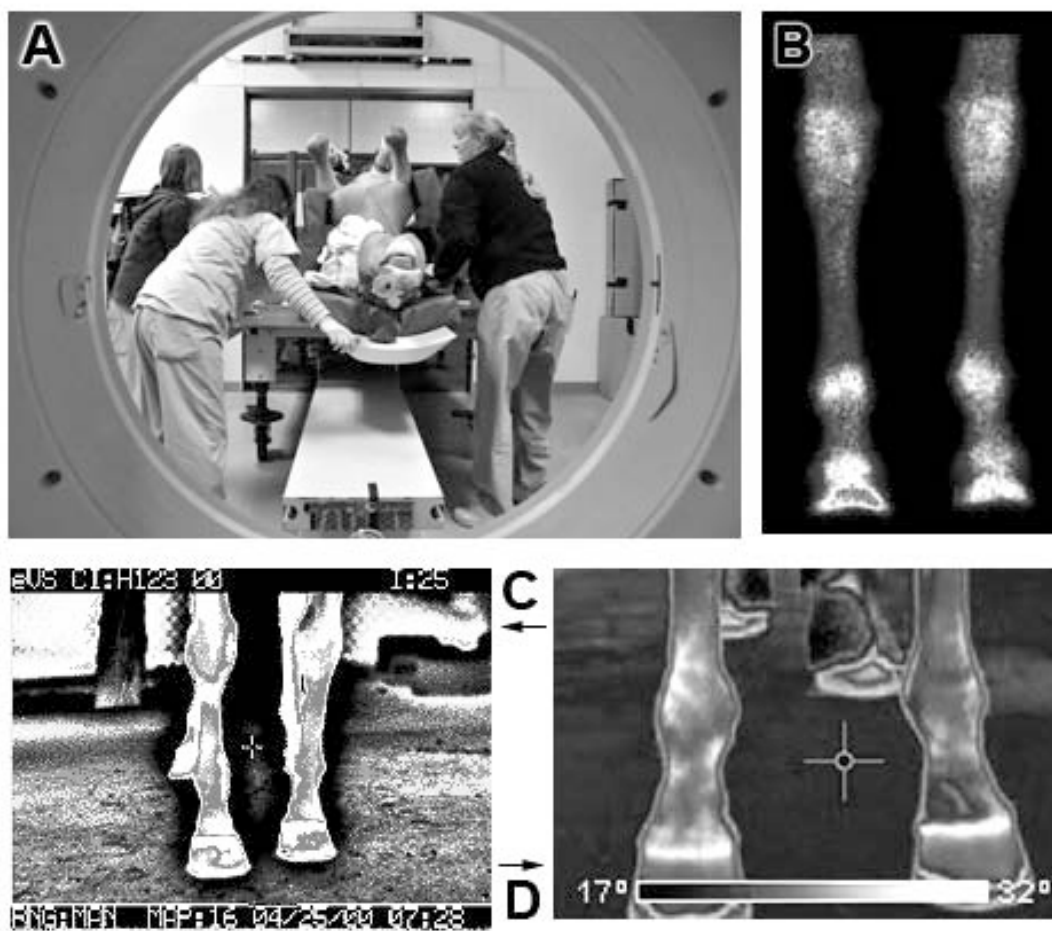


Figura 5. Fotografía de un caballo de deporte español facilitada por ANCADES.



Figura 5



Figura 6. Equipo de radiografía digitalizada empleado en el presente trabajo.

Figura 7. Ecógrafo empleado en el presente trabajo.

Figura 6



Figura 7



Figura 8. Equipo de resonancia Philips, modelo Panorama 0.23 Tesla (A). Posición y acondicionamiento del caballo para la toma de imágenes en resonancia (B).

Figura 8

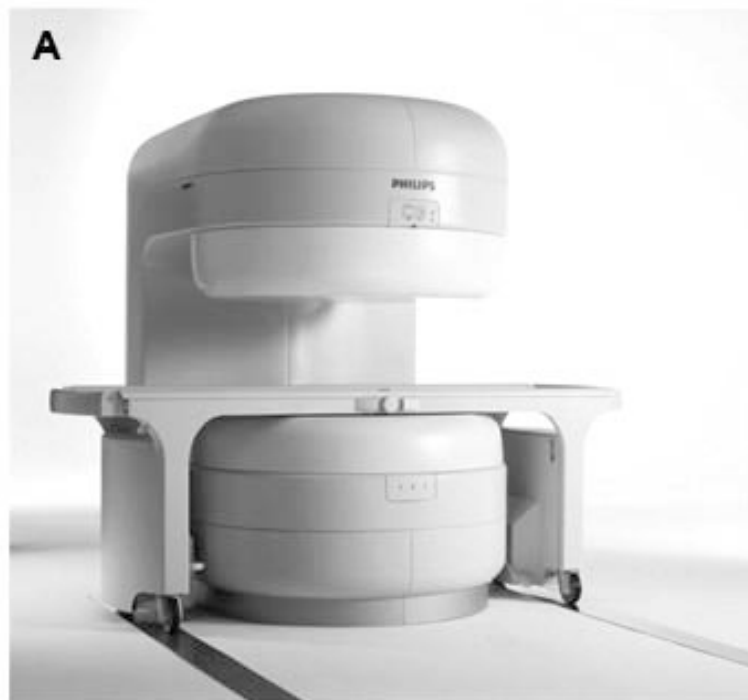


Figura 9. Caballo en el potro de sujeción.

Figura 9



Figura 10. Situación del profesional para el análisis ecográfico.

Figura 11. Recomendaciones a seguir previas al análisis ecográfico: afeitado, lavado, aplicación del gel, mantenimiento húmedo de la zona.



Figura 10



Figura 11



Figura 12. Orientación de la sonda dependiendo del territorio a explorar.

Figura 13. Mano del caballo (A), y sus límites de la región compedal, en rojo; proyección de las falanges sobre el dedo del caballo (B); radiografía de la proyección teórica de la región compedal (C).

Figura 12

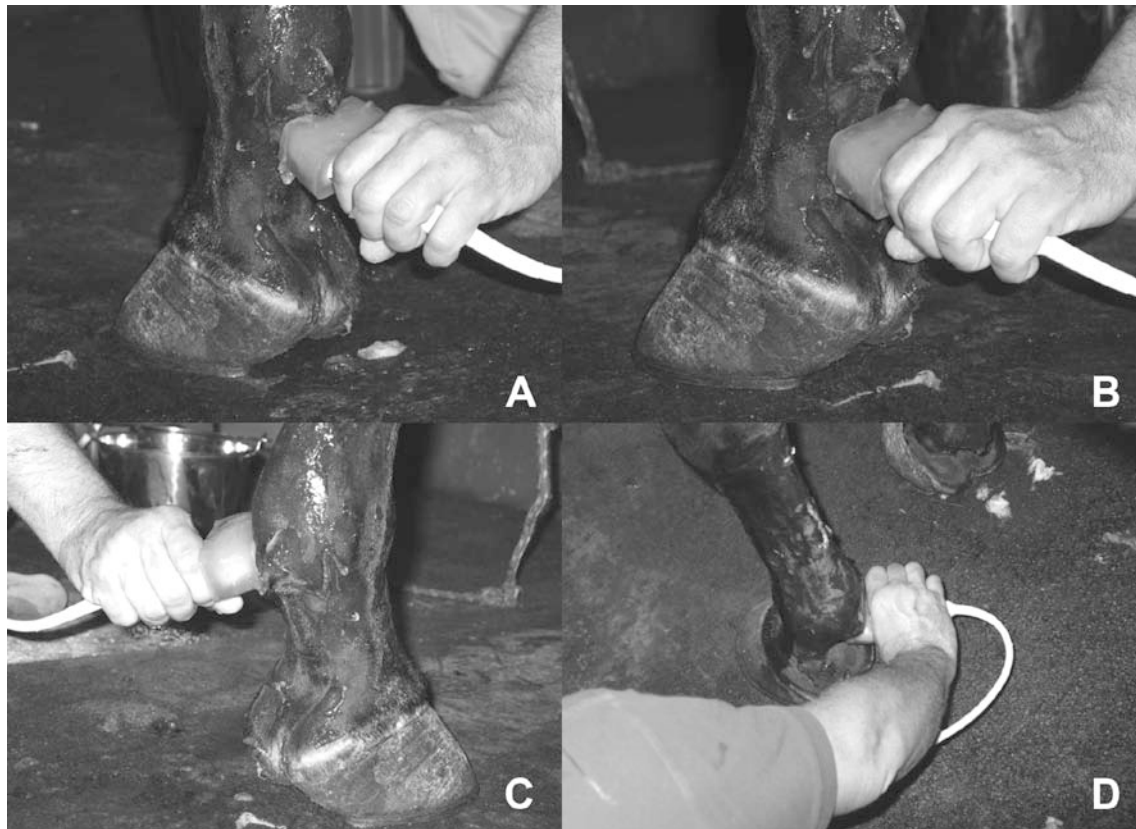
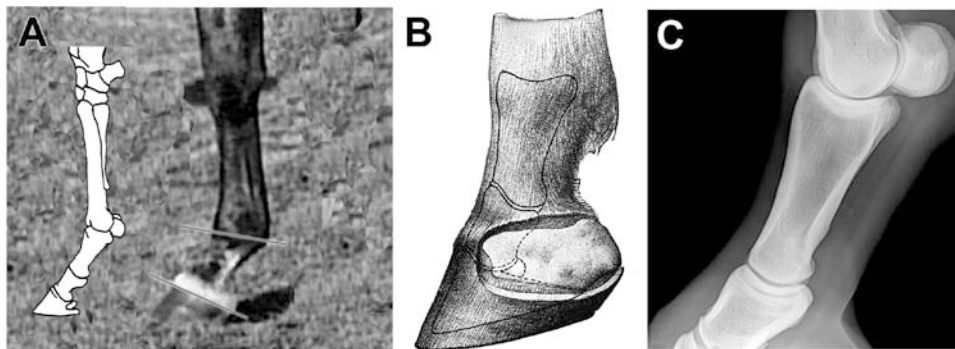
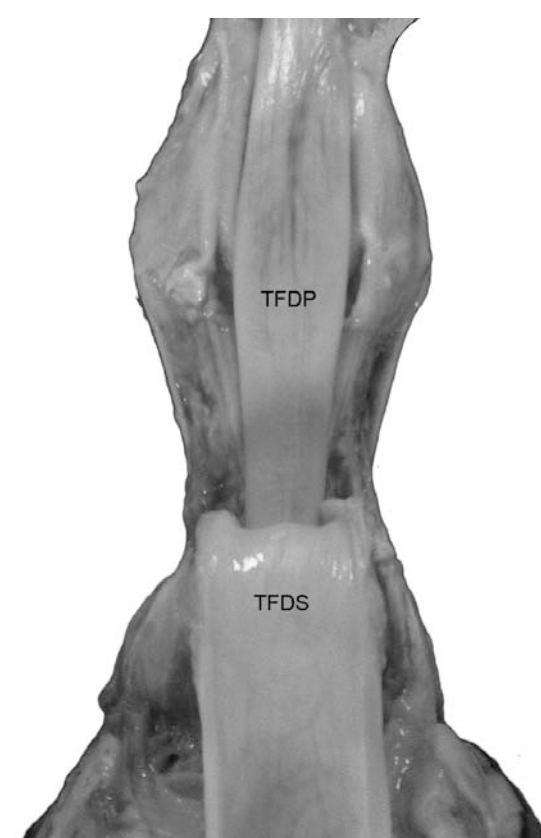
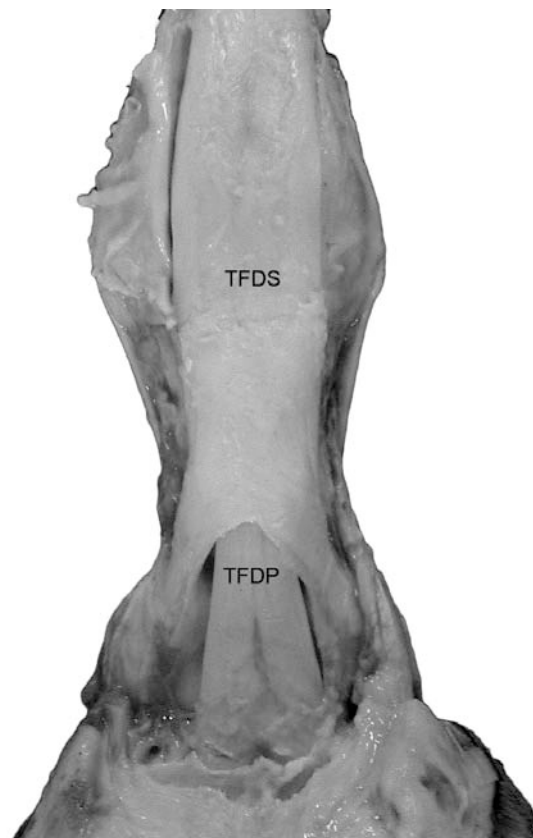
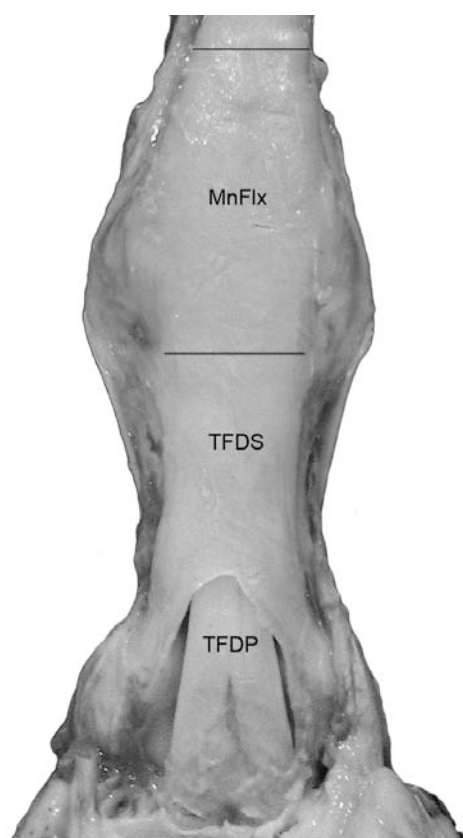


Figura 13



Figuras 14, 15 y 16. *Dissección del área palmar de la zona de referencia. Plano superficial (14, 15) y medio (16). MnFlx, manica flexoria; TFDP, tendón del músculo flexor digital profundo; TDFS, tendón del músculo flexor digital superficial.*

Figuras 14, 15, 16



Figuras 17, 18 y 19. Disección del área palmar de la zona de referencia. Plano medio (17) y profundo (18, 19). LSR; ligamento sesamoideo recto; LSO, ligamento sesamoideo oblicuo; ScPr, *scutum proximale*; TFDP, tendón del músculo flexor digital profundo.

Figuras 17, 18, 19

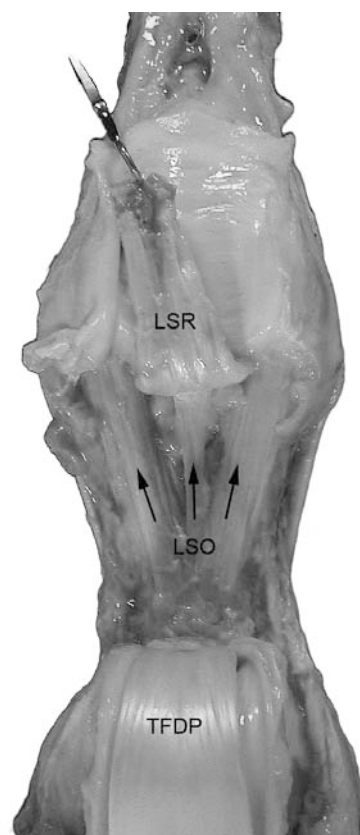
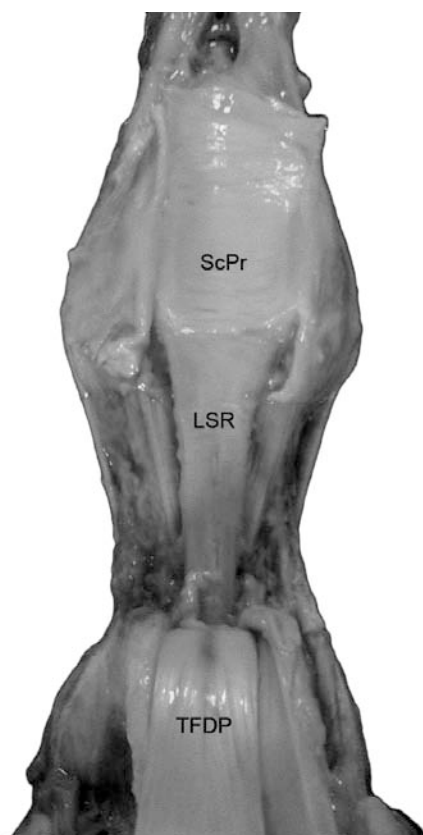


Figura 20. Fotografía de los cortes en congelación transversales, proyectados sobre el corte sagital, con indicación del nivel de cada uno. LSO, ligamento sesamoideo oblicuo; LSR; ligamento sesamoideo recto; TFDP, tendón del músculo flexor digital profundo; TDFS, tendón del músculo flexor digital superficial.



Figura 20

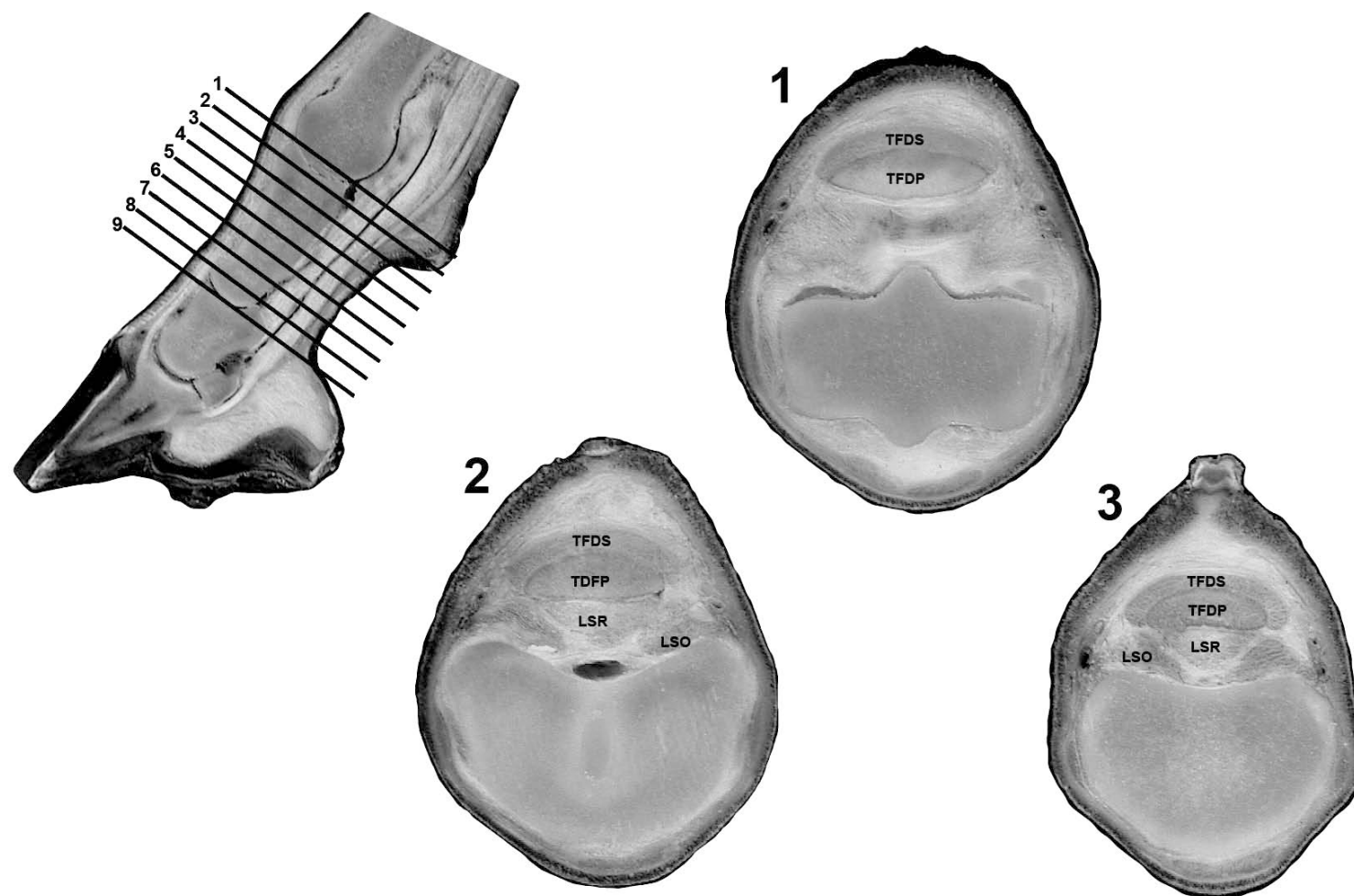


Figura 21. Fotografía de los cortes en congelación transversales, proyectados sobre el corte sagital, con indicación del nivel de cada uno. LSO, ligamento sesamoideo oblicuo; LSR; ligamento sesamoideo recto; TFDP, tendón del músculo flexor digital profundo; TDFS, tendón del músculo flexor digital superficial.

Figura 21

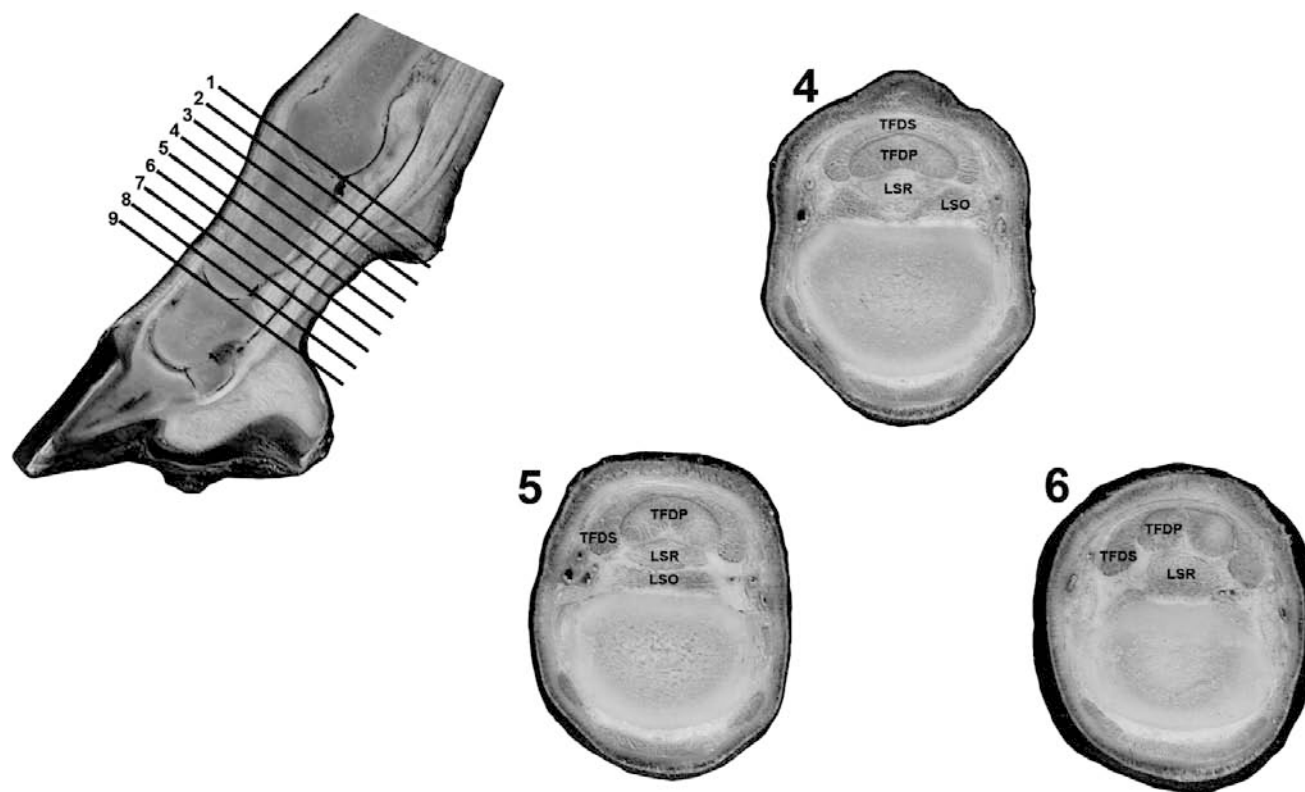


Figura 22. Fotografía de los cortes en congelación transversales, proyectados sobre el corte sagital, con indicación del nivel de cada uno. LSO, ligamento sesamoideo oblicuo; LSR; ligamento sesamoideo recto; Lss, punto de confluencia de las distintas ramas del ligamento sesamoideo oblicuo; TFDP, tendón del músculo flexor digital profundo; TDFS, tendón del músculo flexor digital superficial.

Figura 22

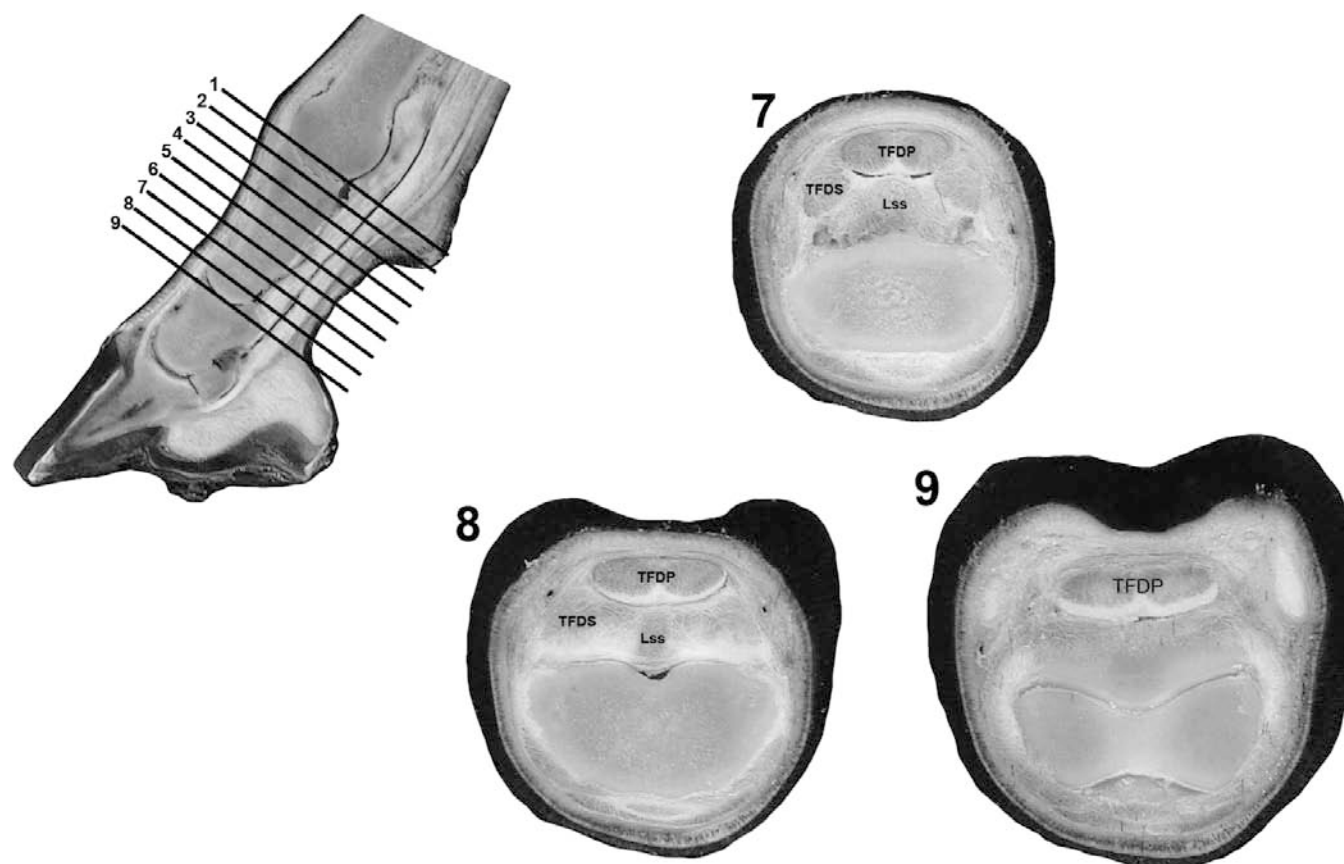
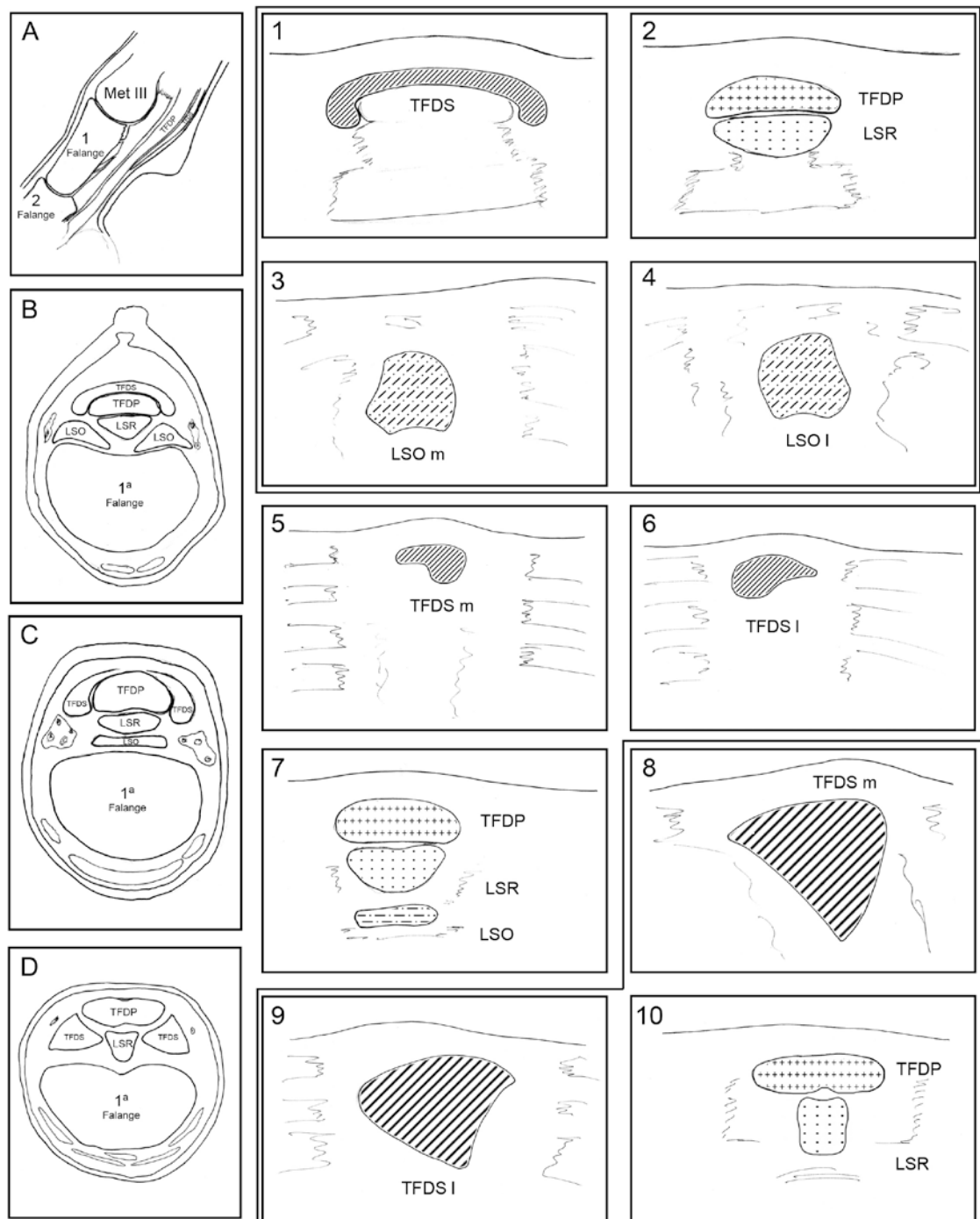


Figura 23. Representación esquemática, a manera de plantilla, para facilitar el seguimiento e interpretación del estudio ecográfico. En la columna de la izquierda están representados el corte sagital (A) y los tres niveles de los cortes transversales: proximal, medio y distal (B, C, D). Los demás esquemas corresponden a las ecografías realizadas a nivel proximal (1,2,3,4), medio (5,6,7) y distal (8,9,10).

Figura 23



Figuras 24 a 77. Cada figura corresponde a uno de los 54 casos estudiados.



Figura 24

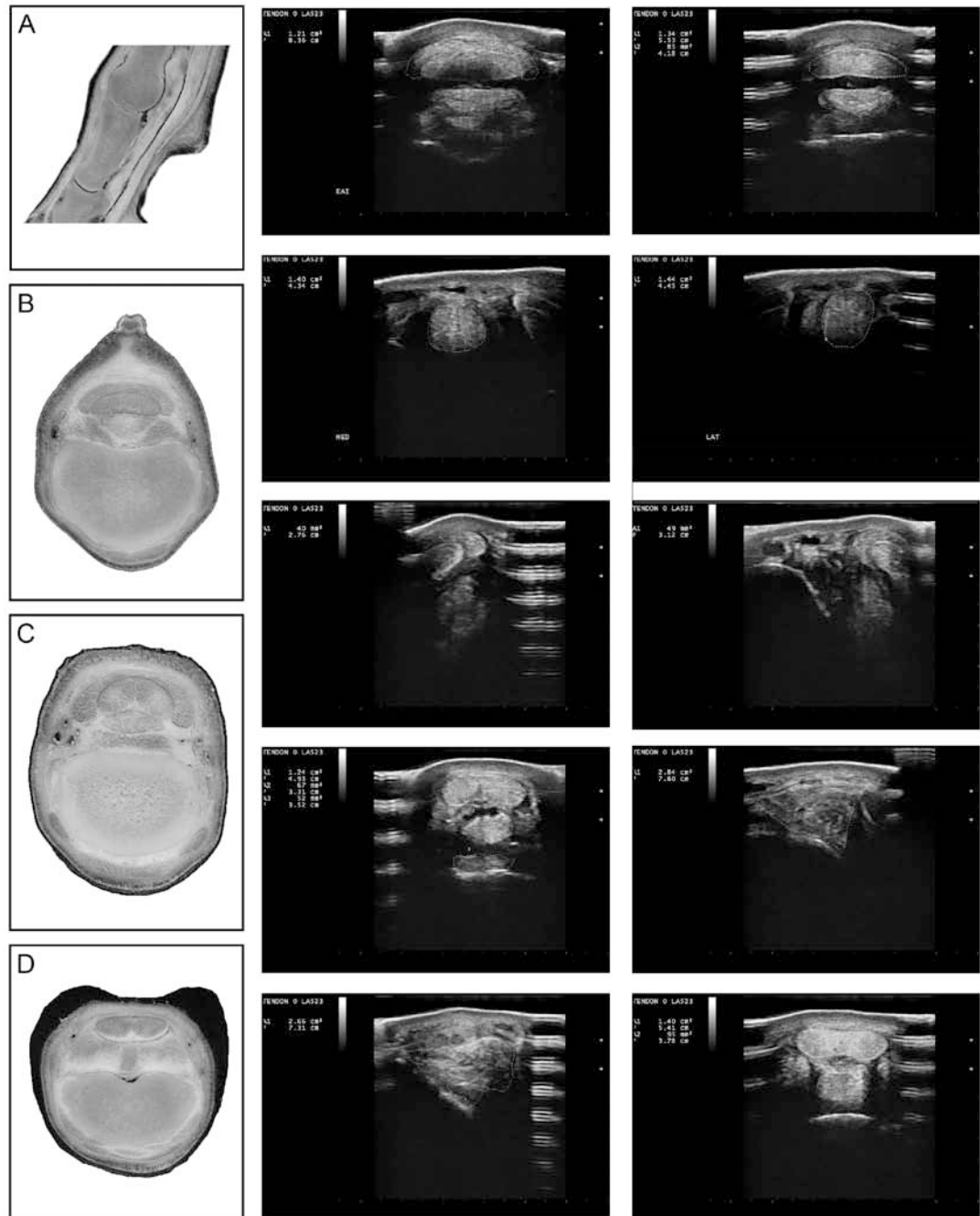


Figura 25

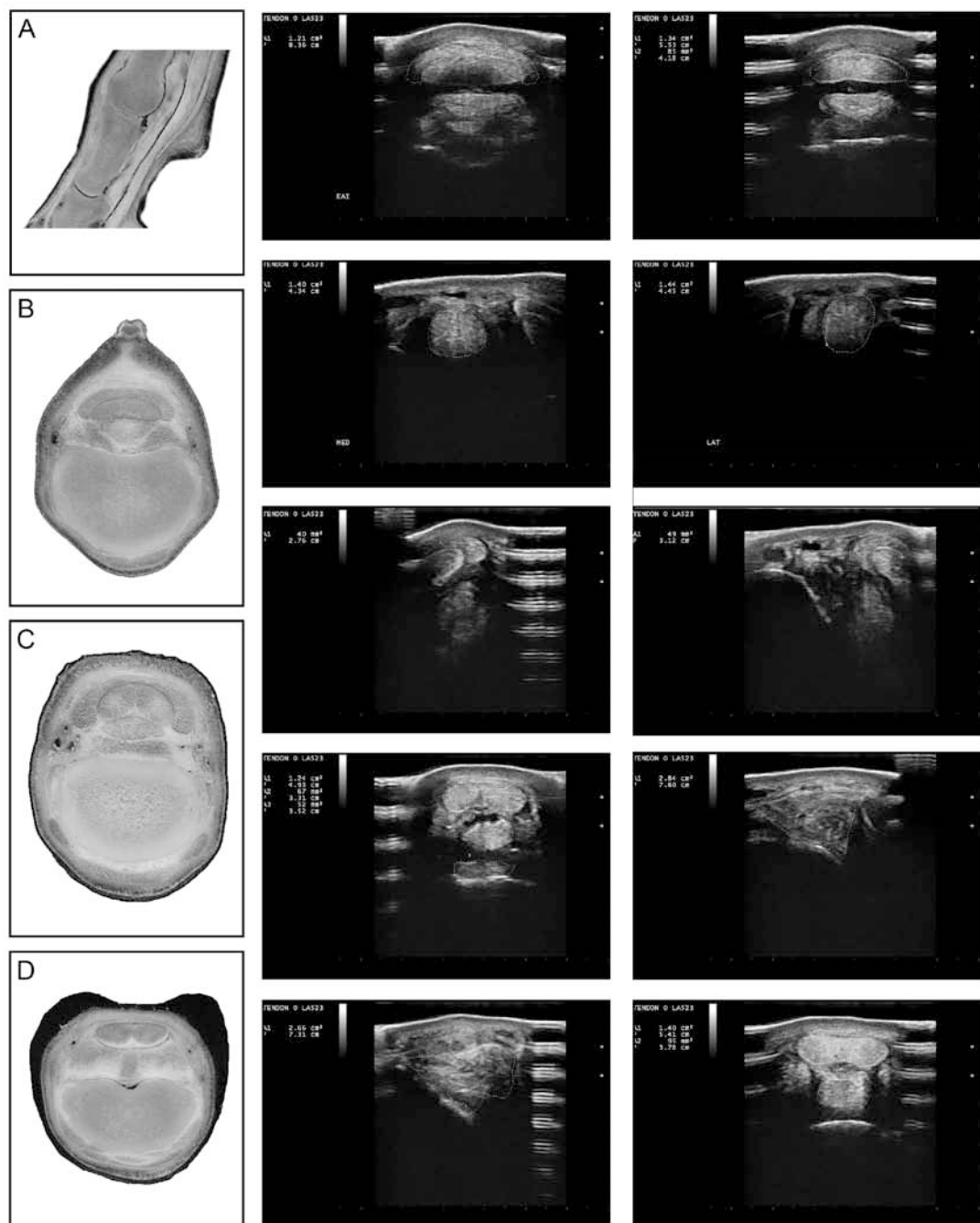


Figura 26

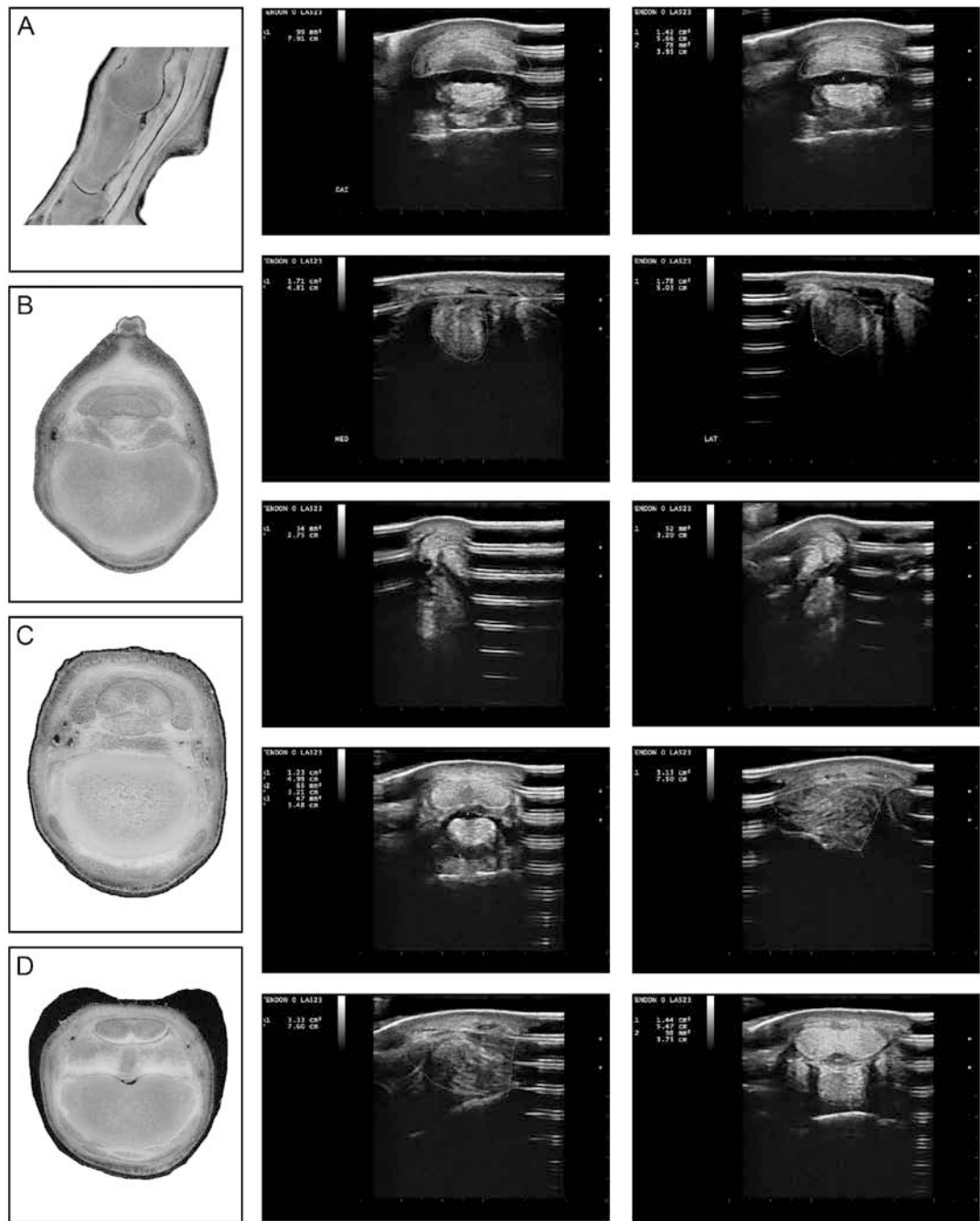


Figura 27

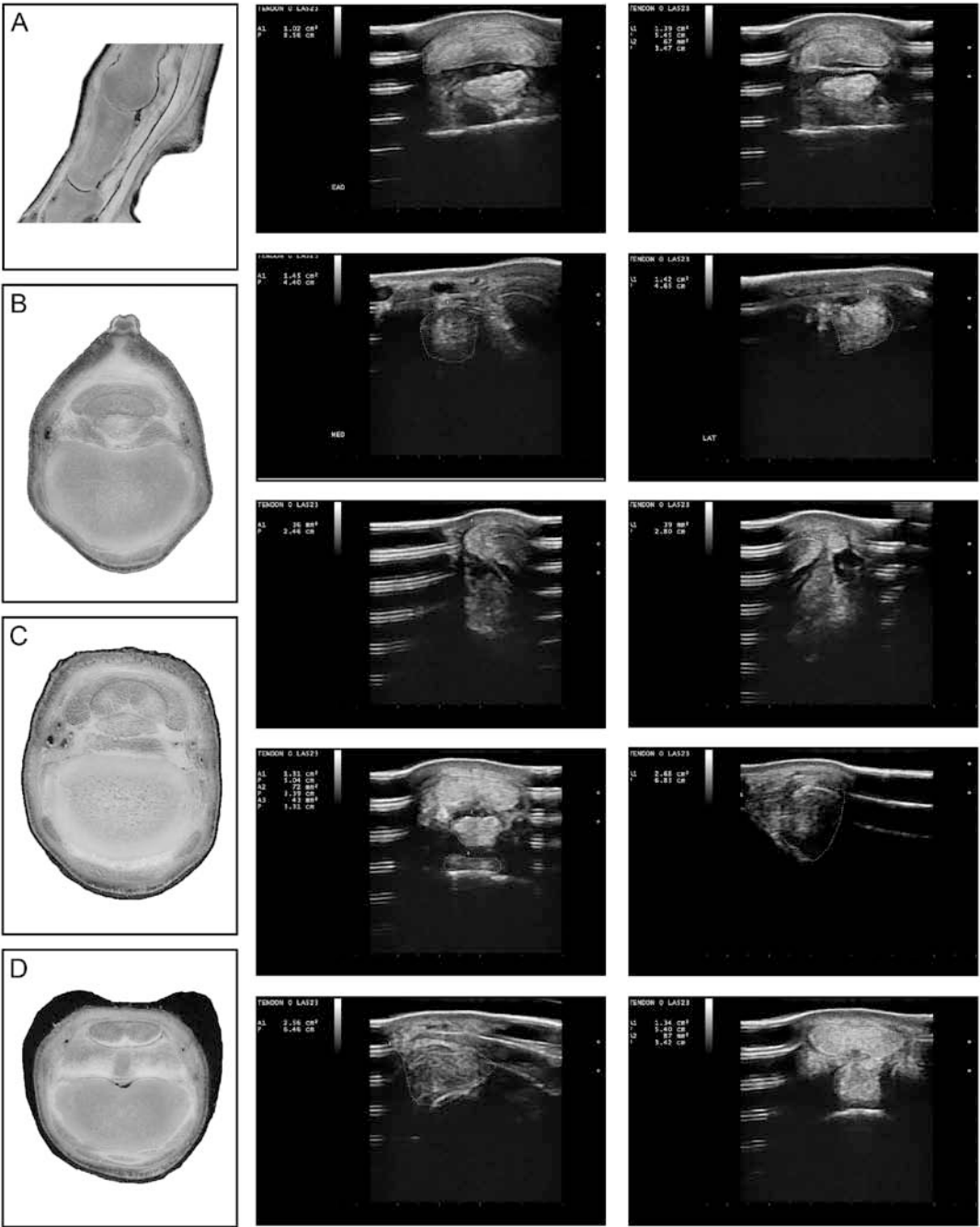


Figura 28

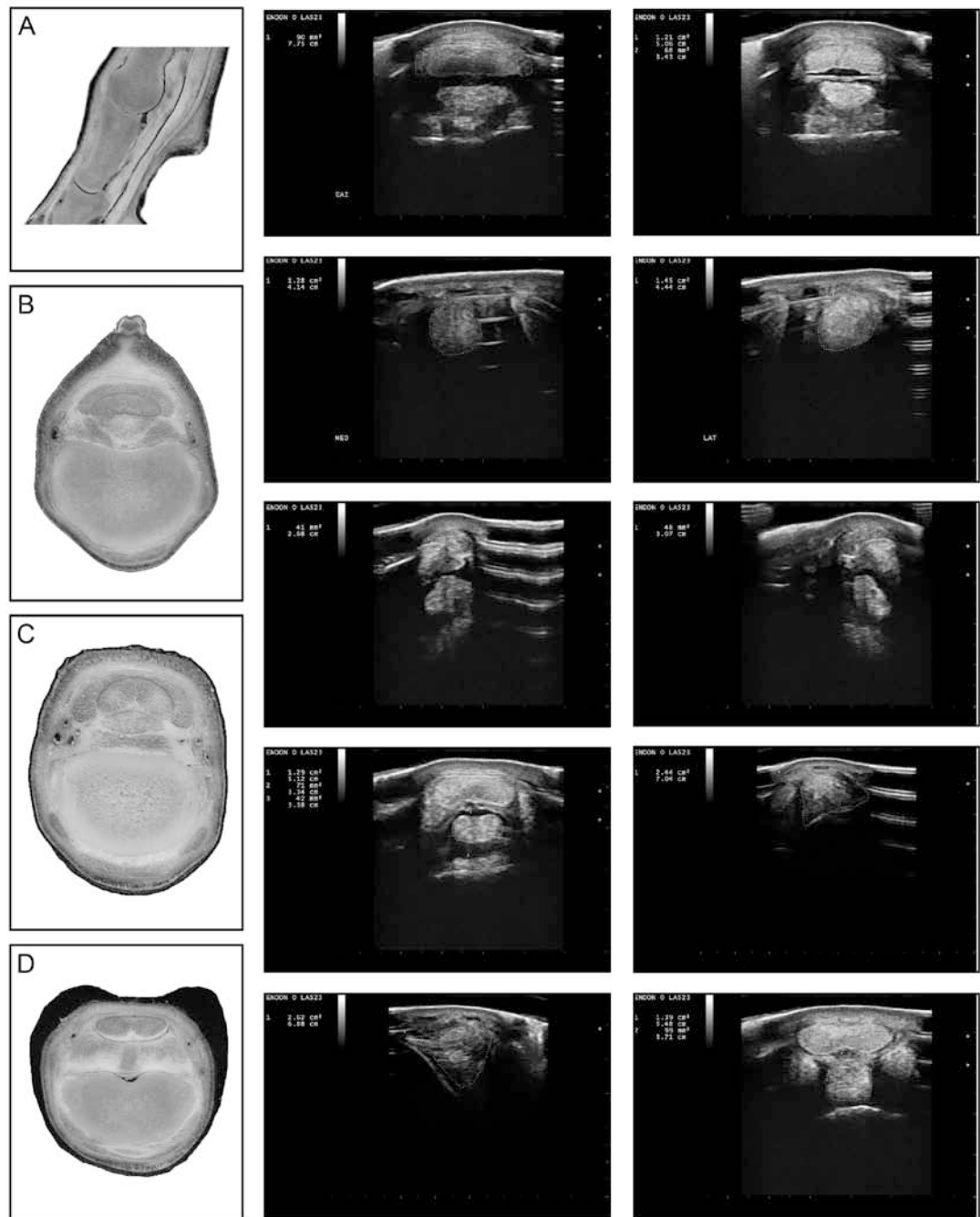


Figura 29

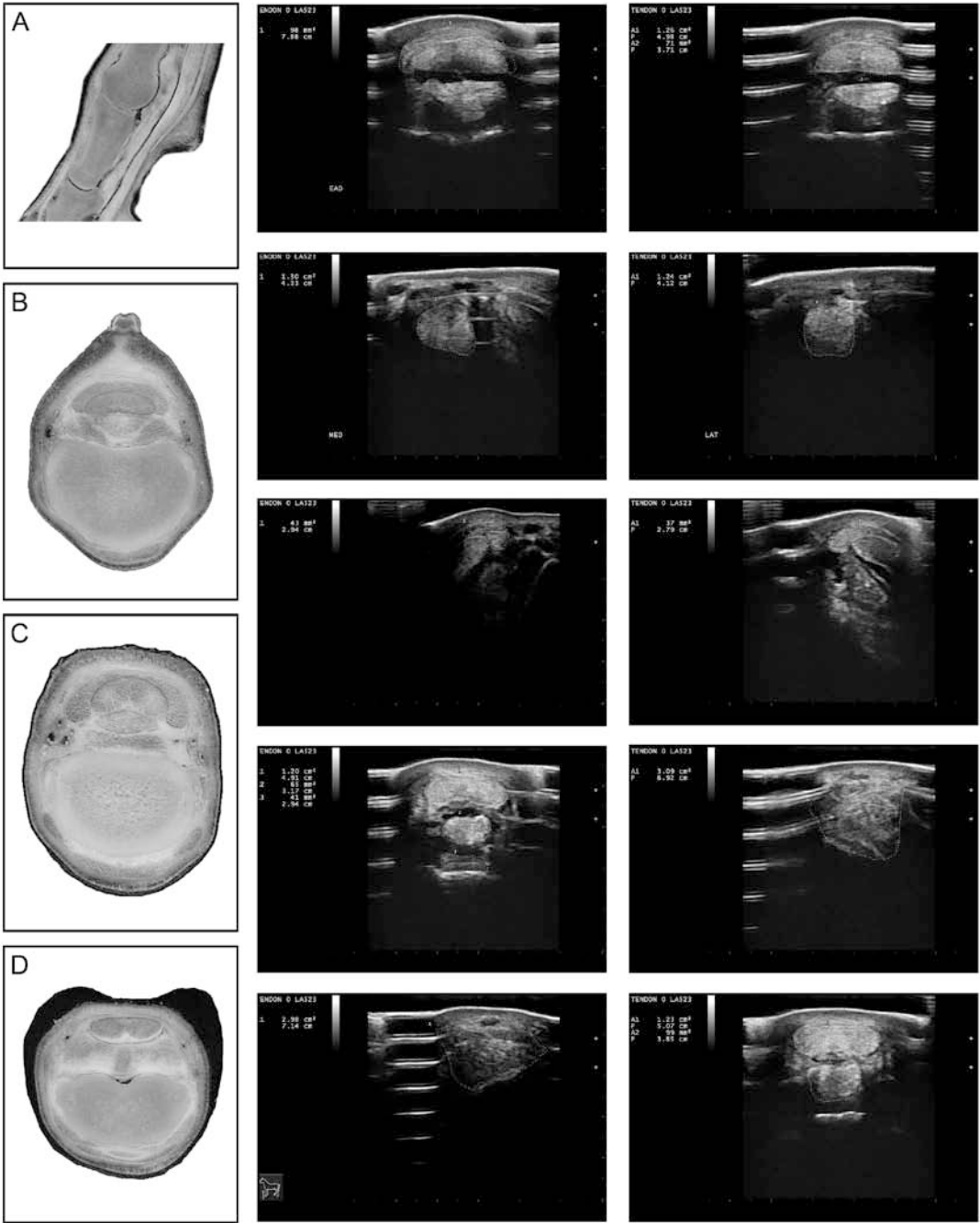


Figura 30

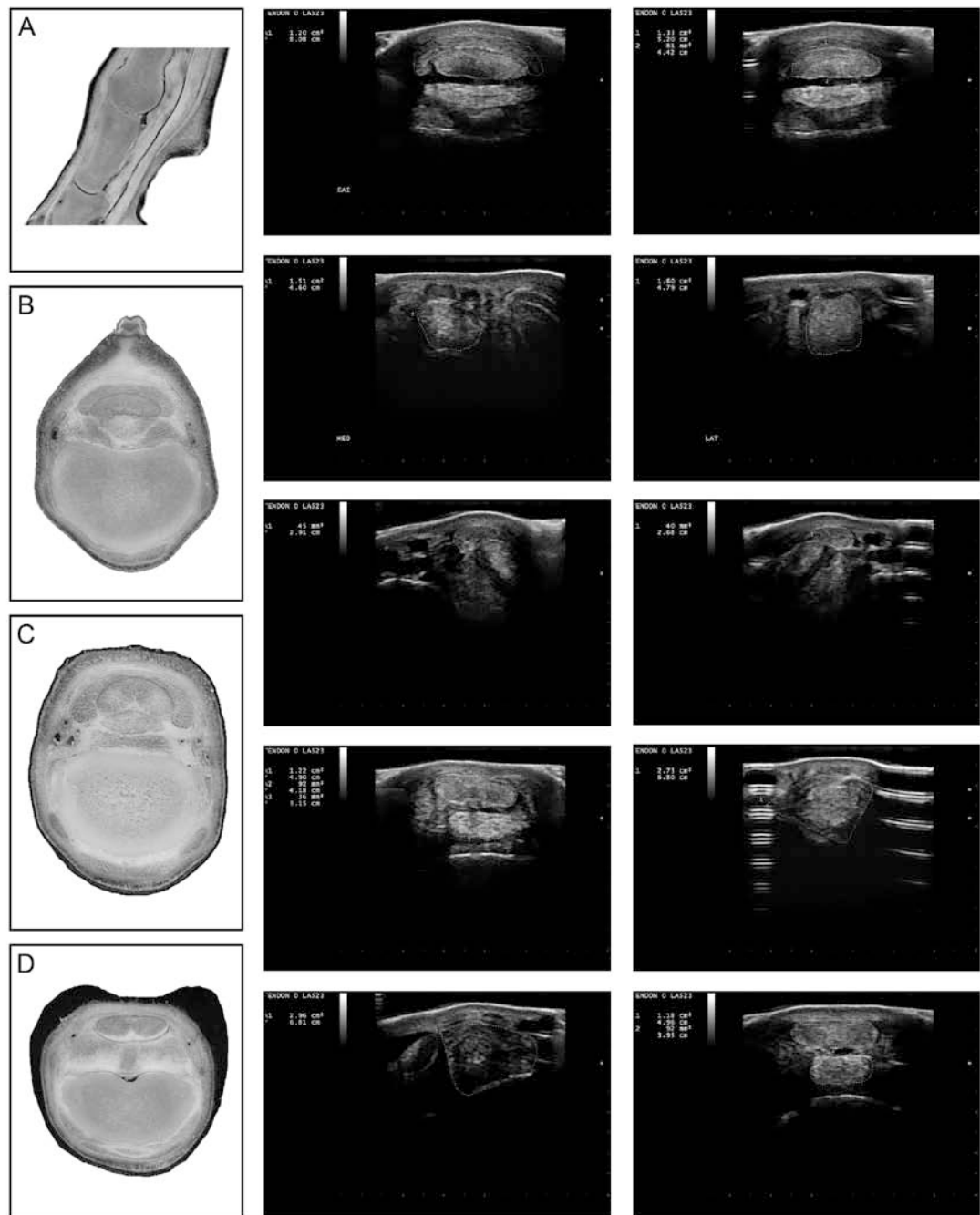


Figura 31

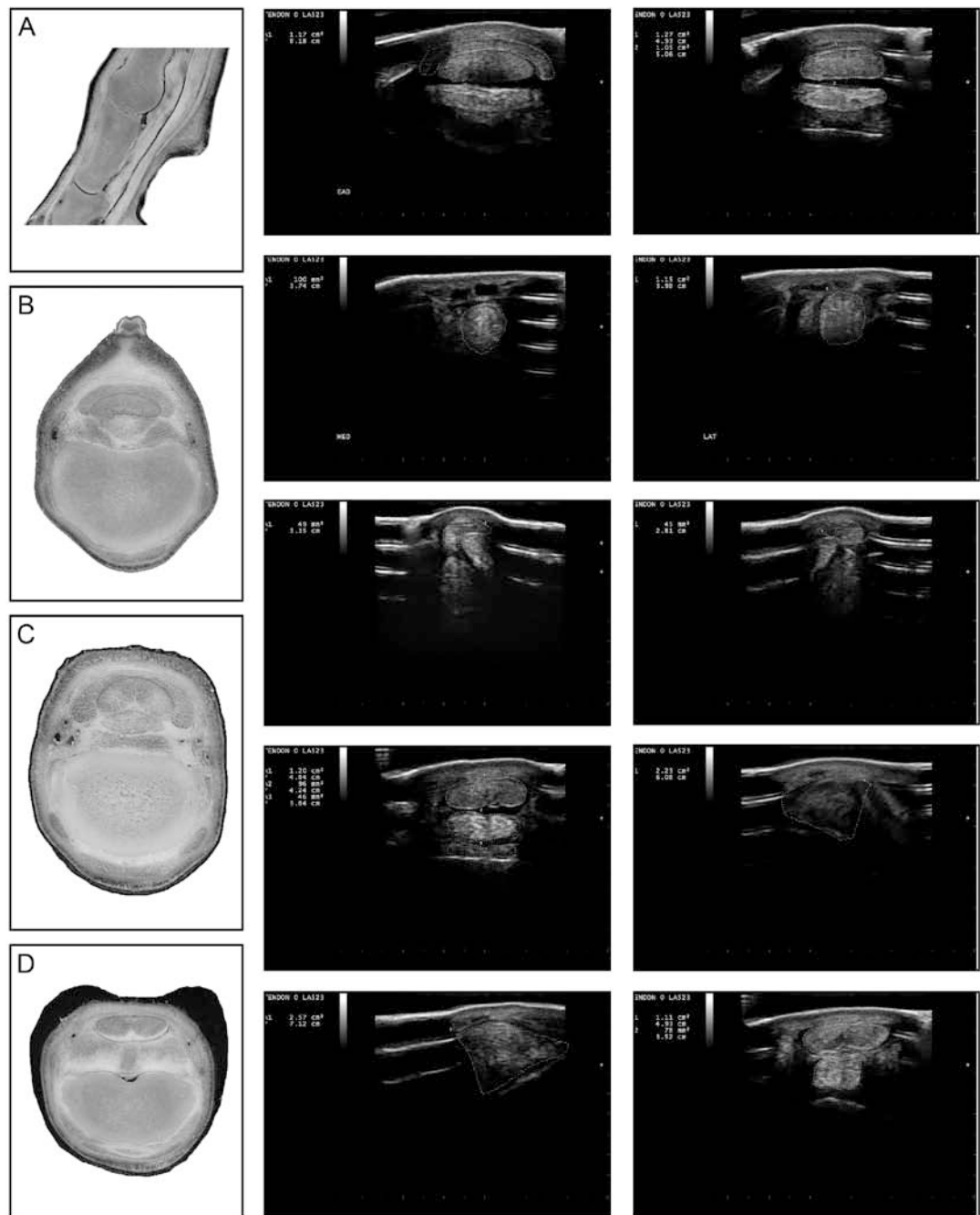




Figura 32

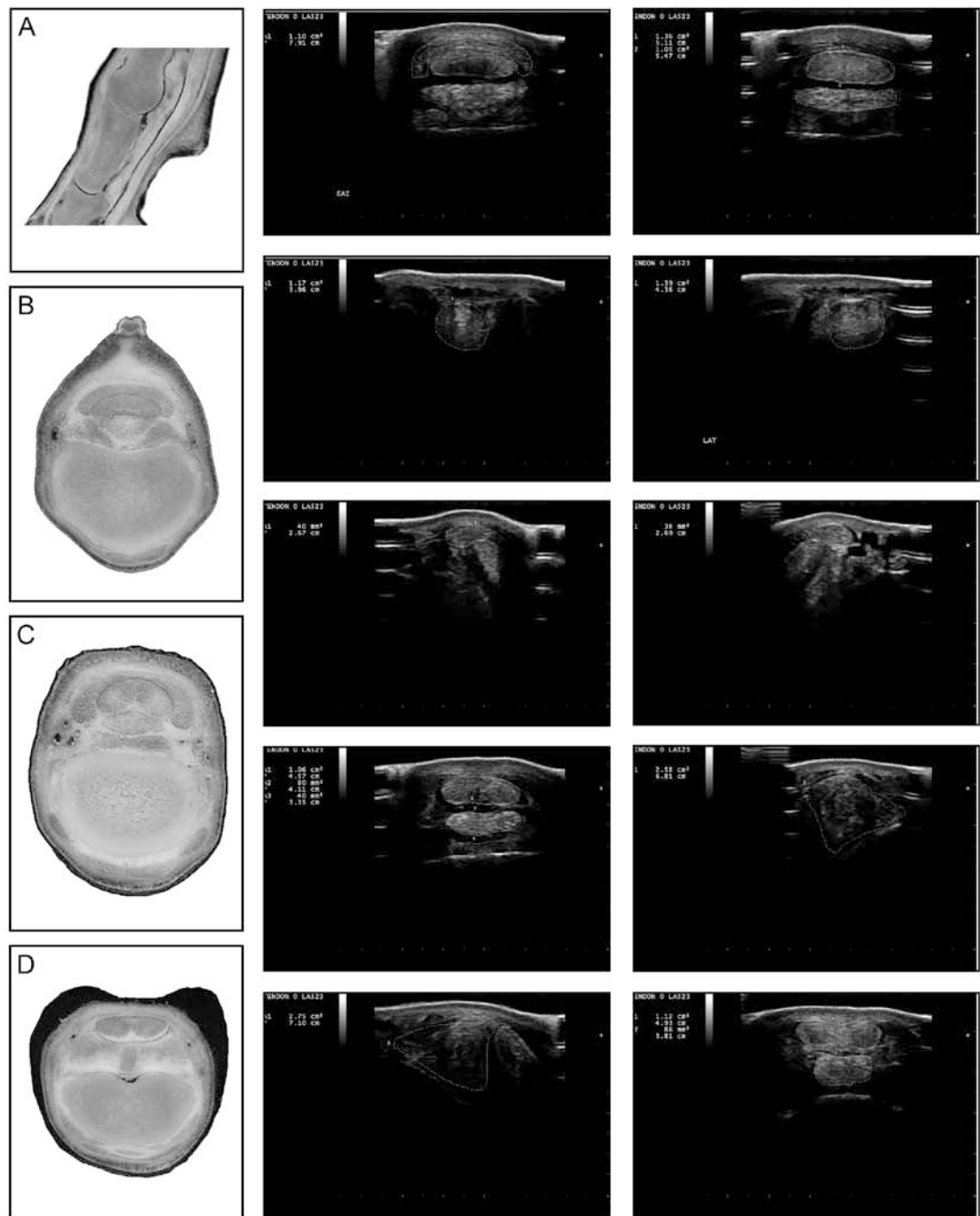


Figura 33

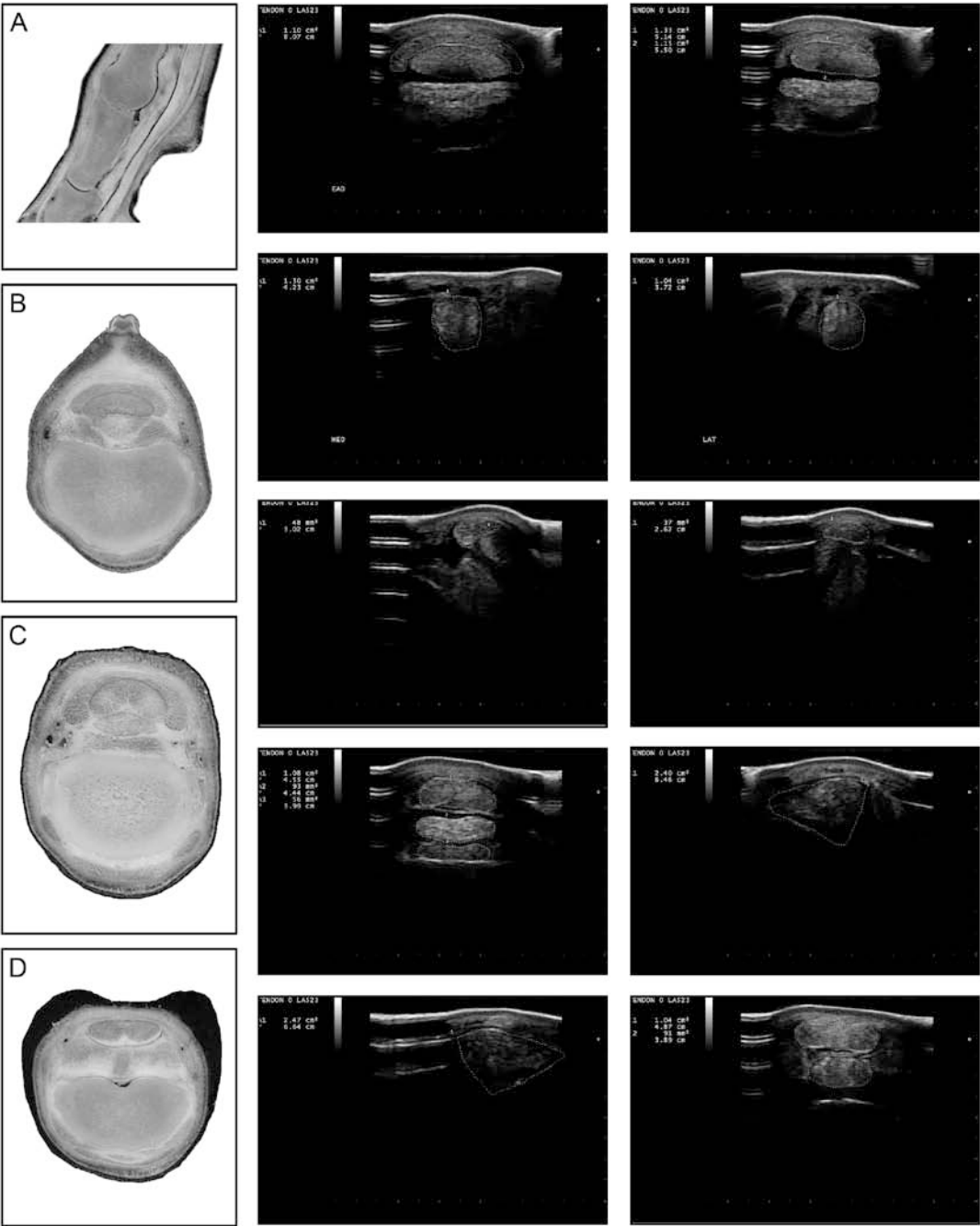


Figura 34

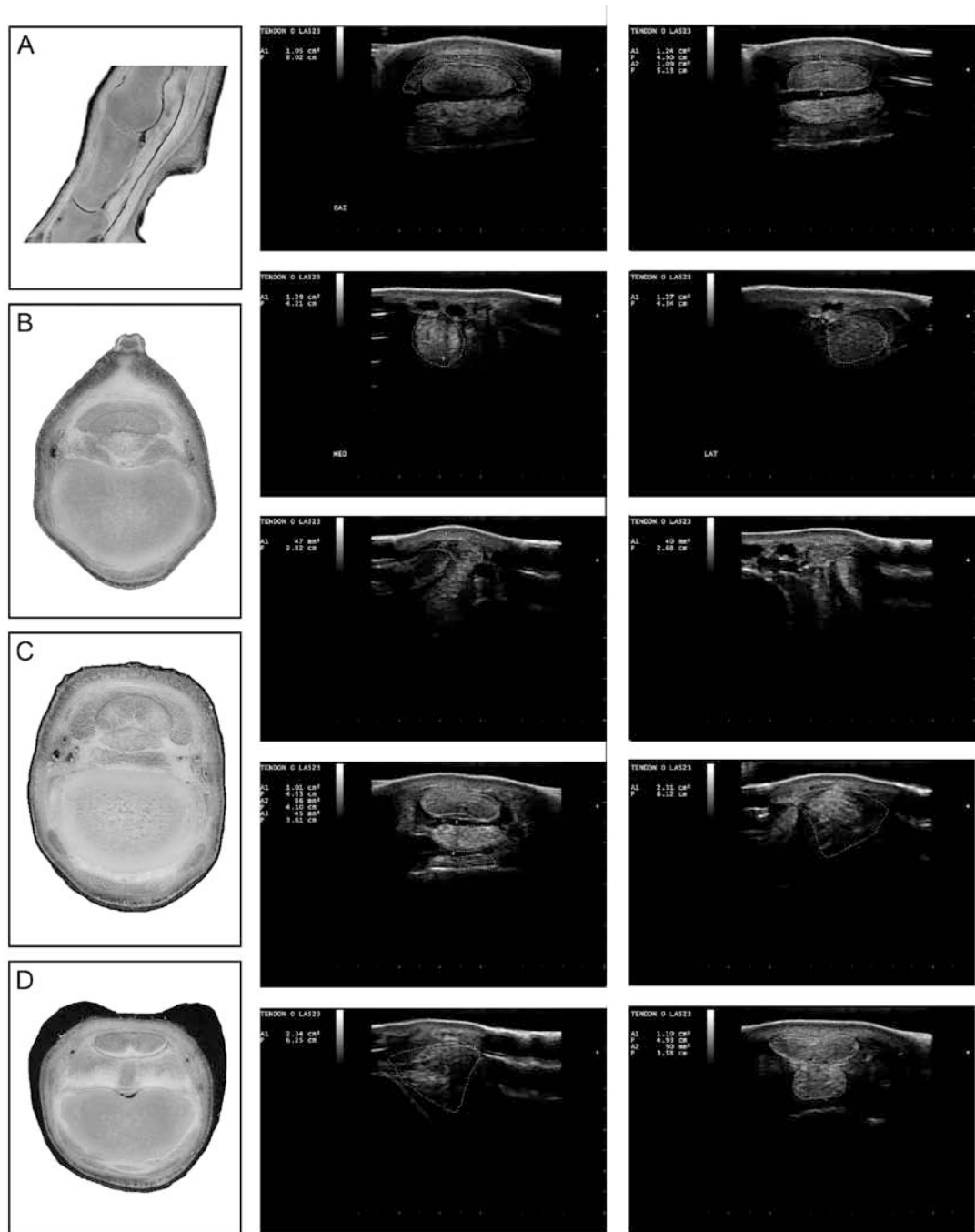


Figura 35

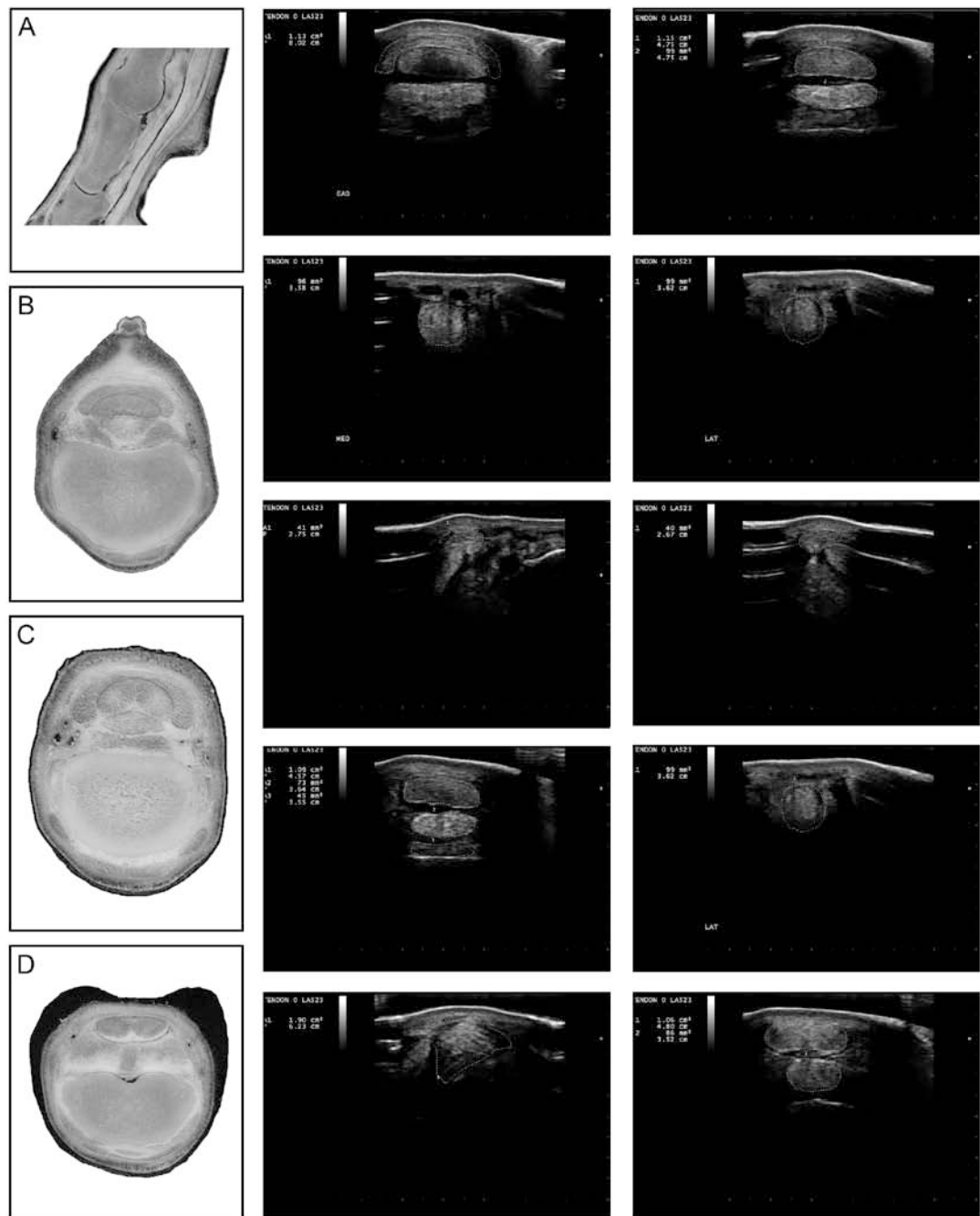


Figura 36

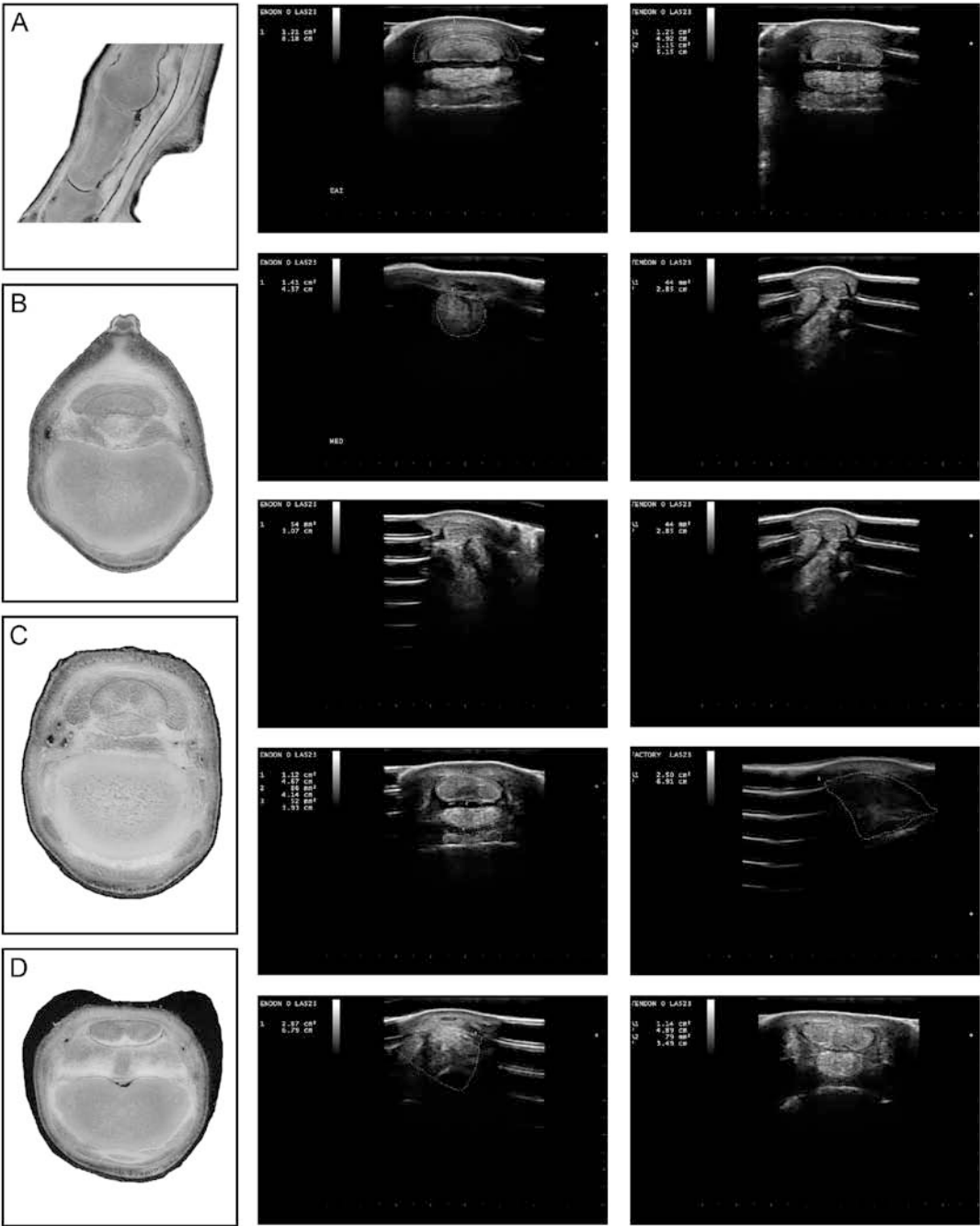


Figura 37

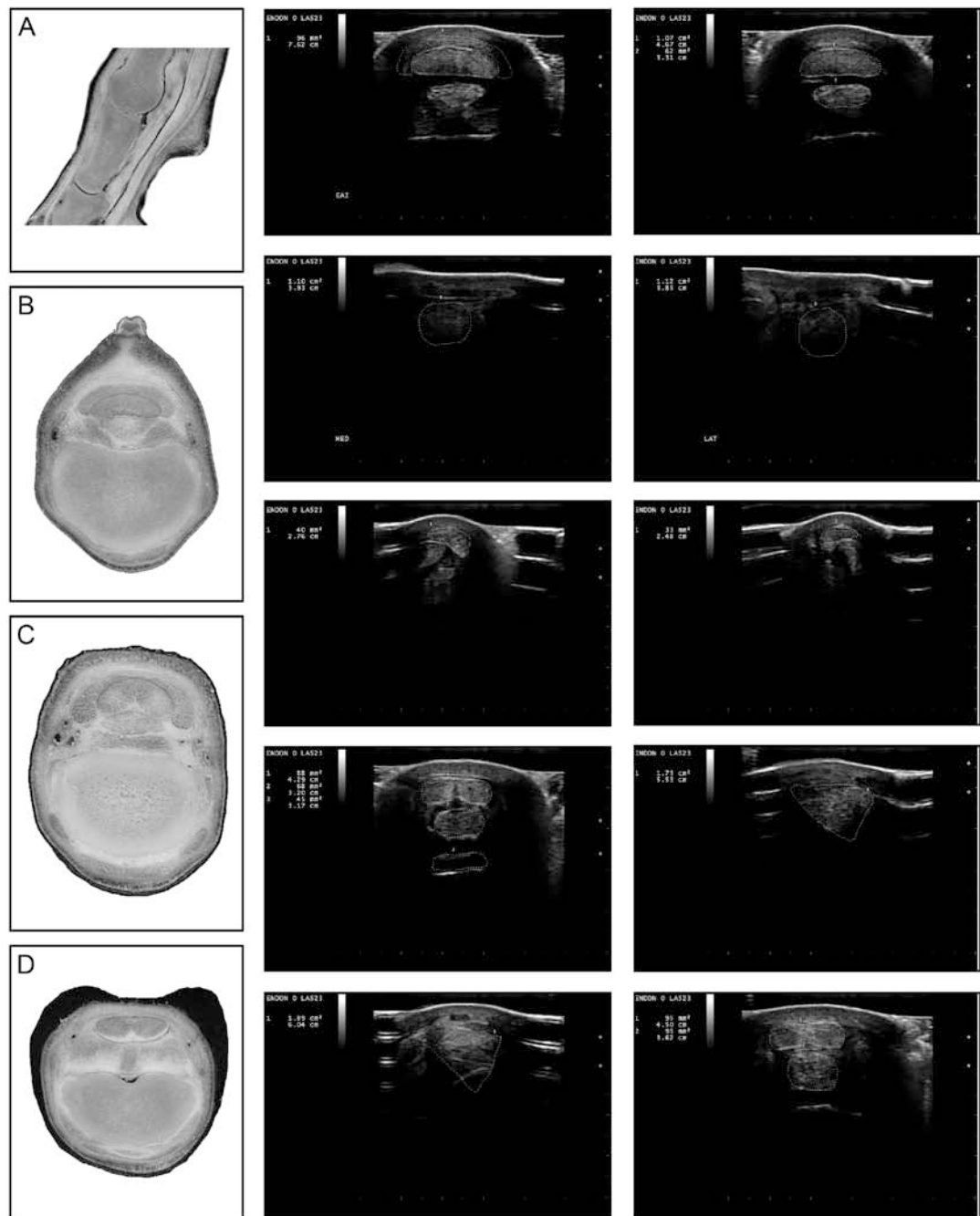


Figura 38

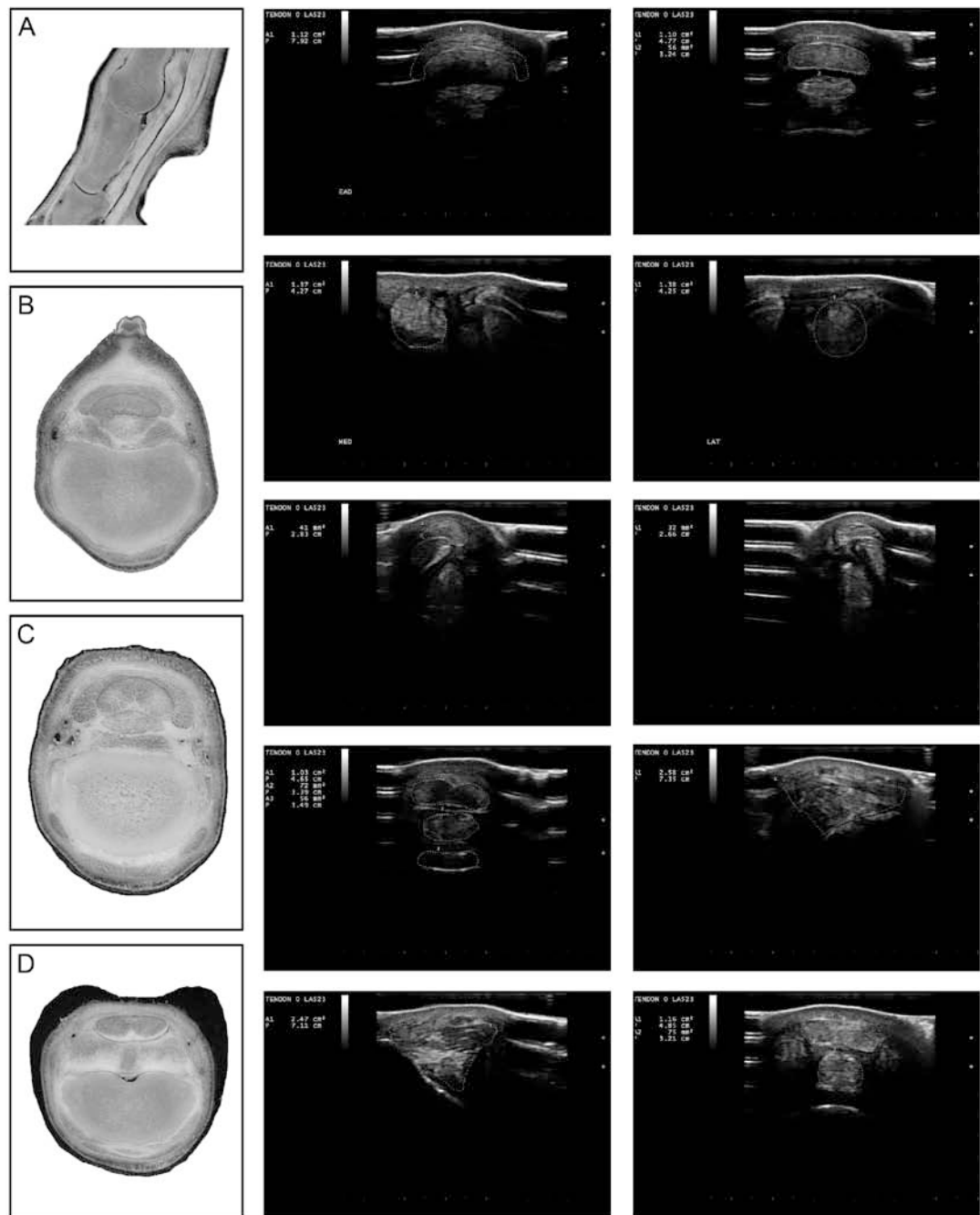


Figura 39

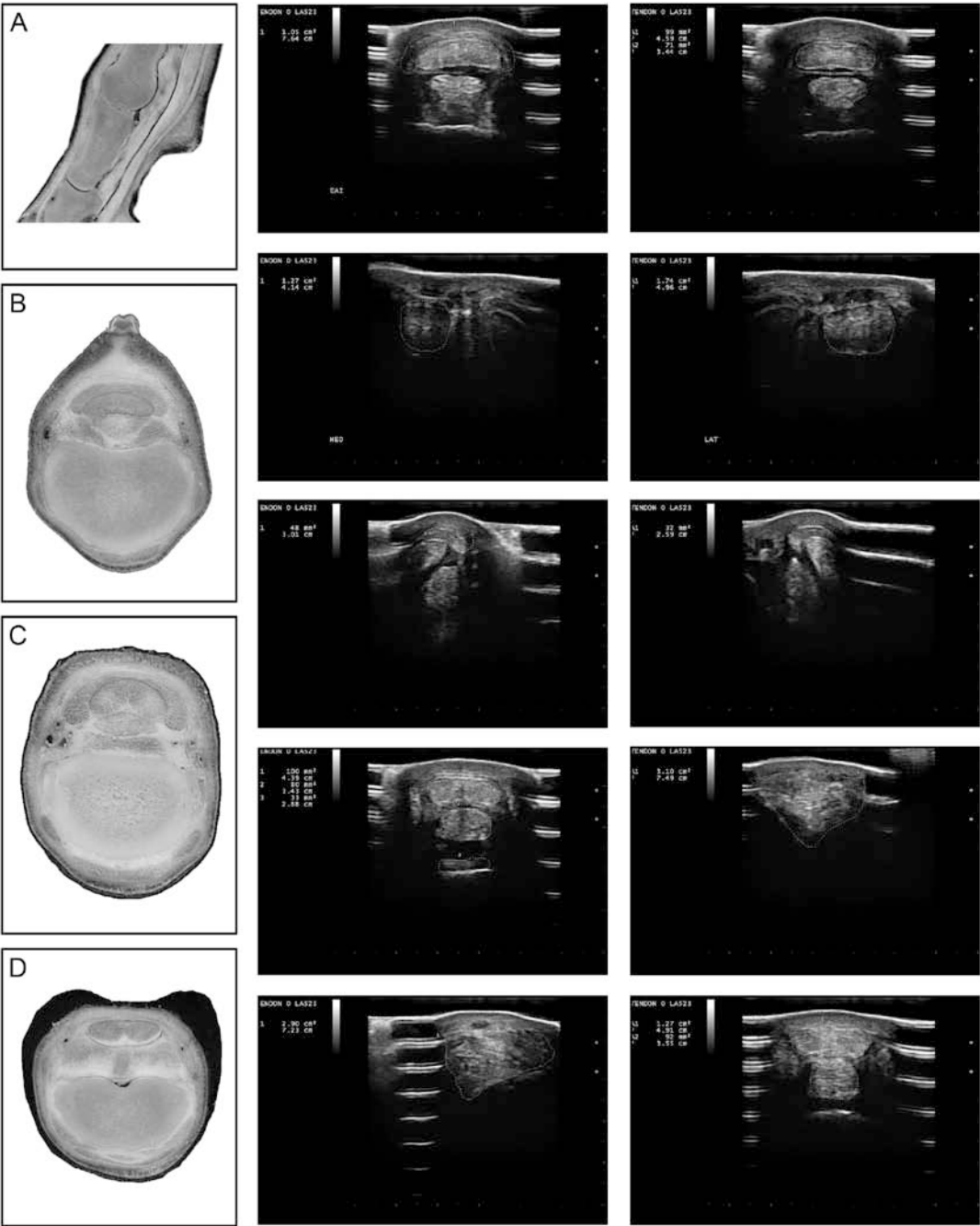




Figura 40

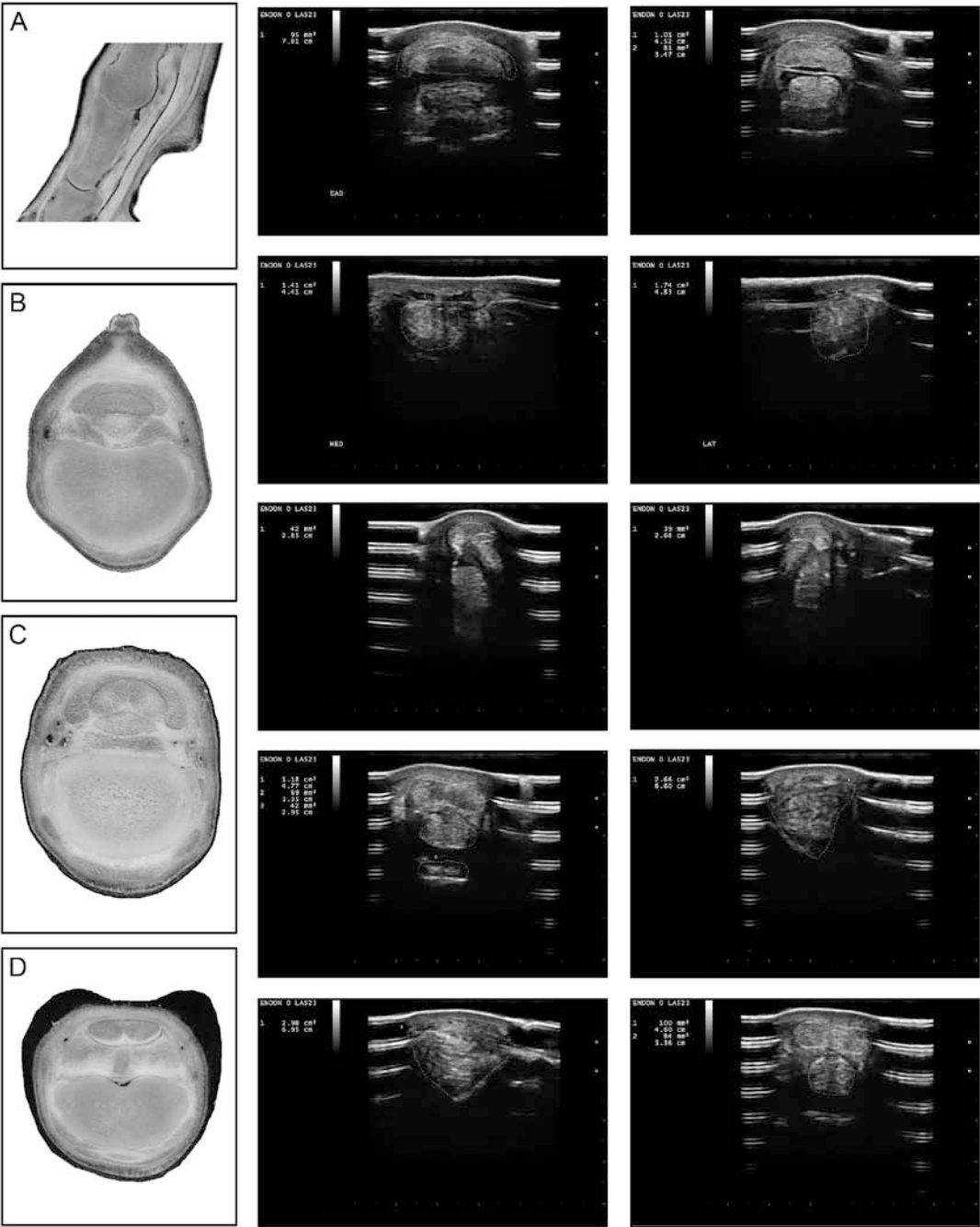


Figura 41

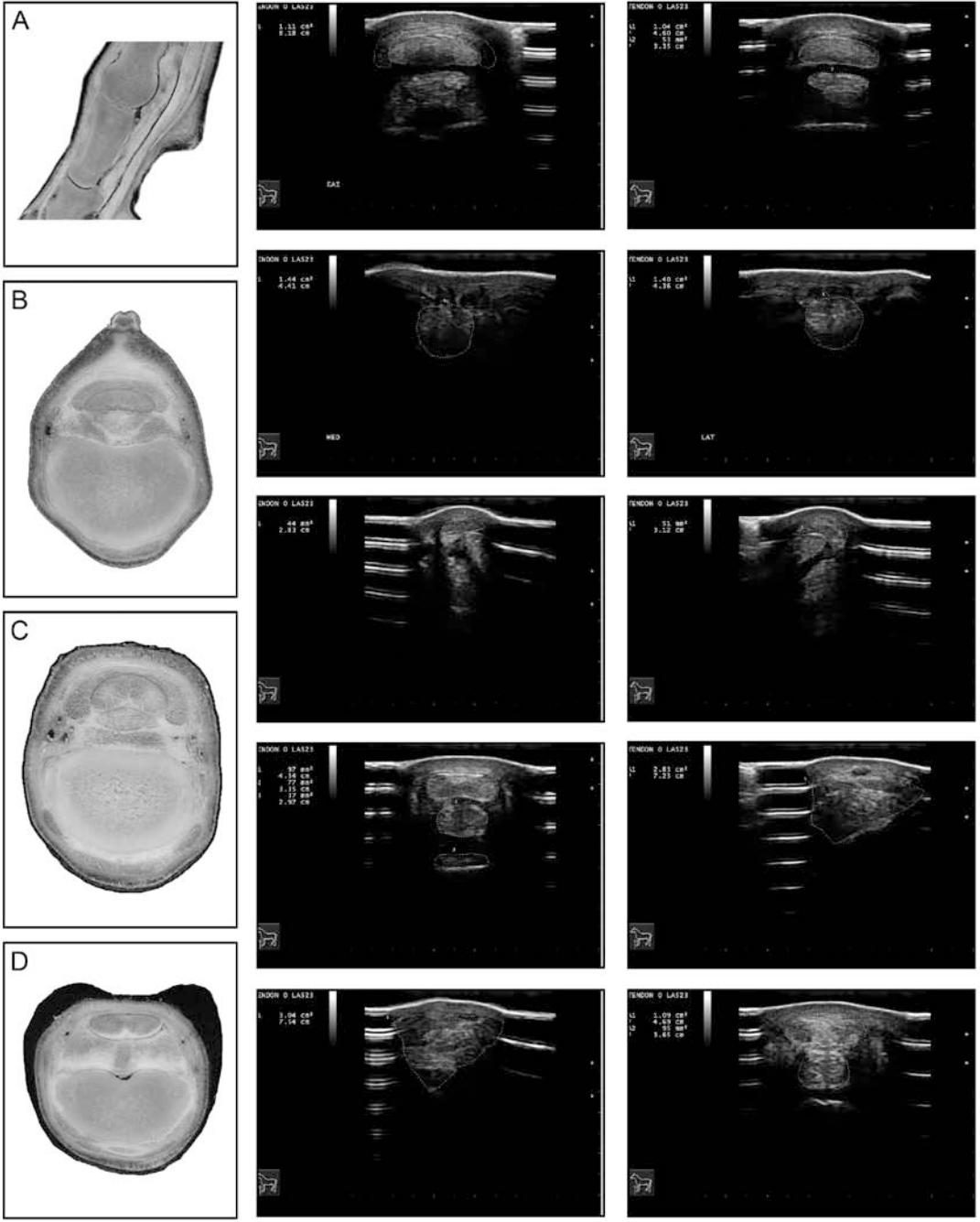


Figura 42

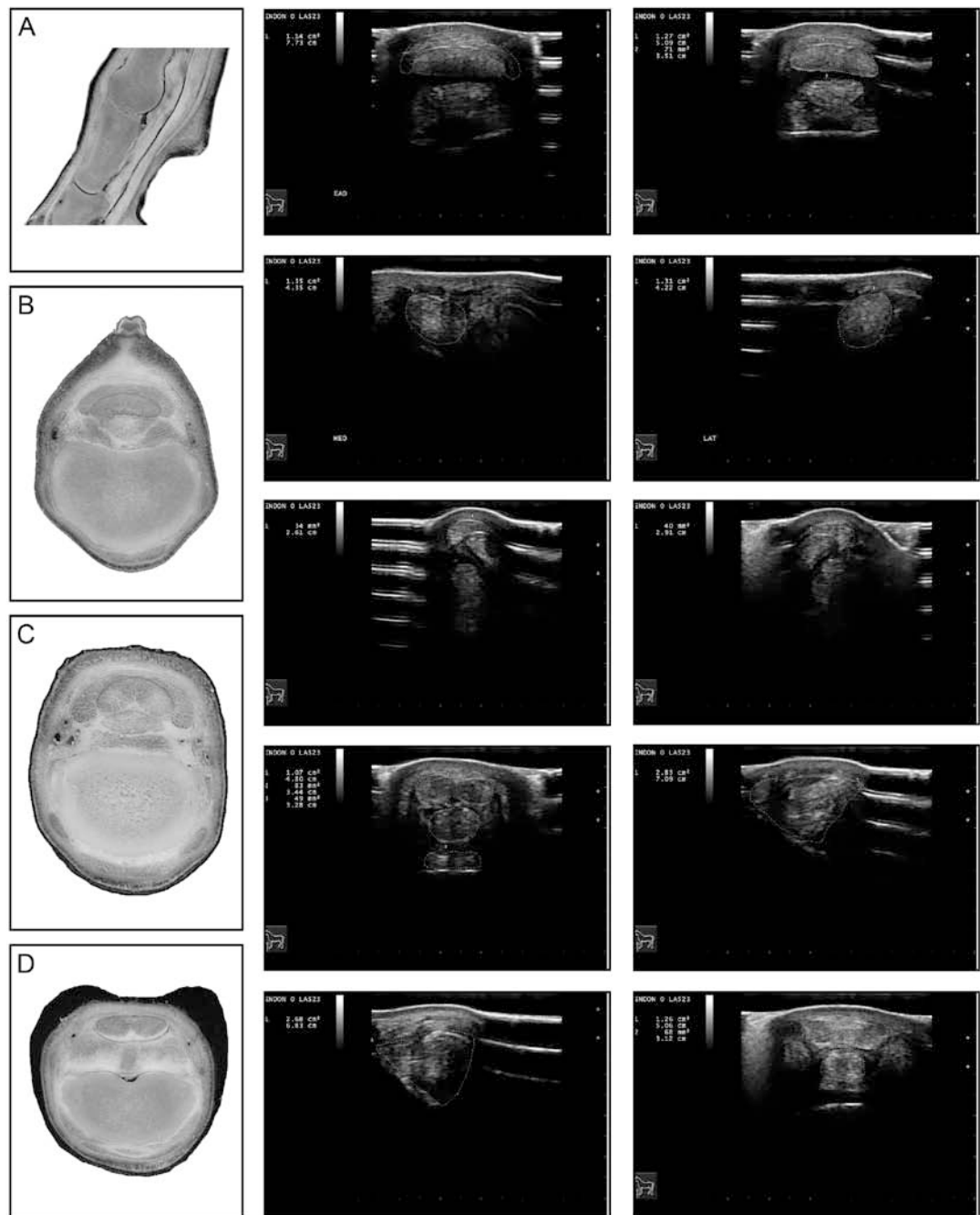


Figura 43

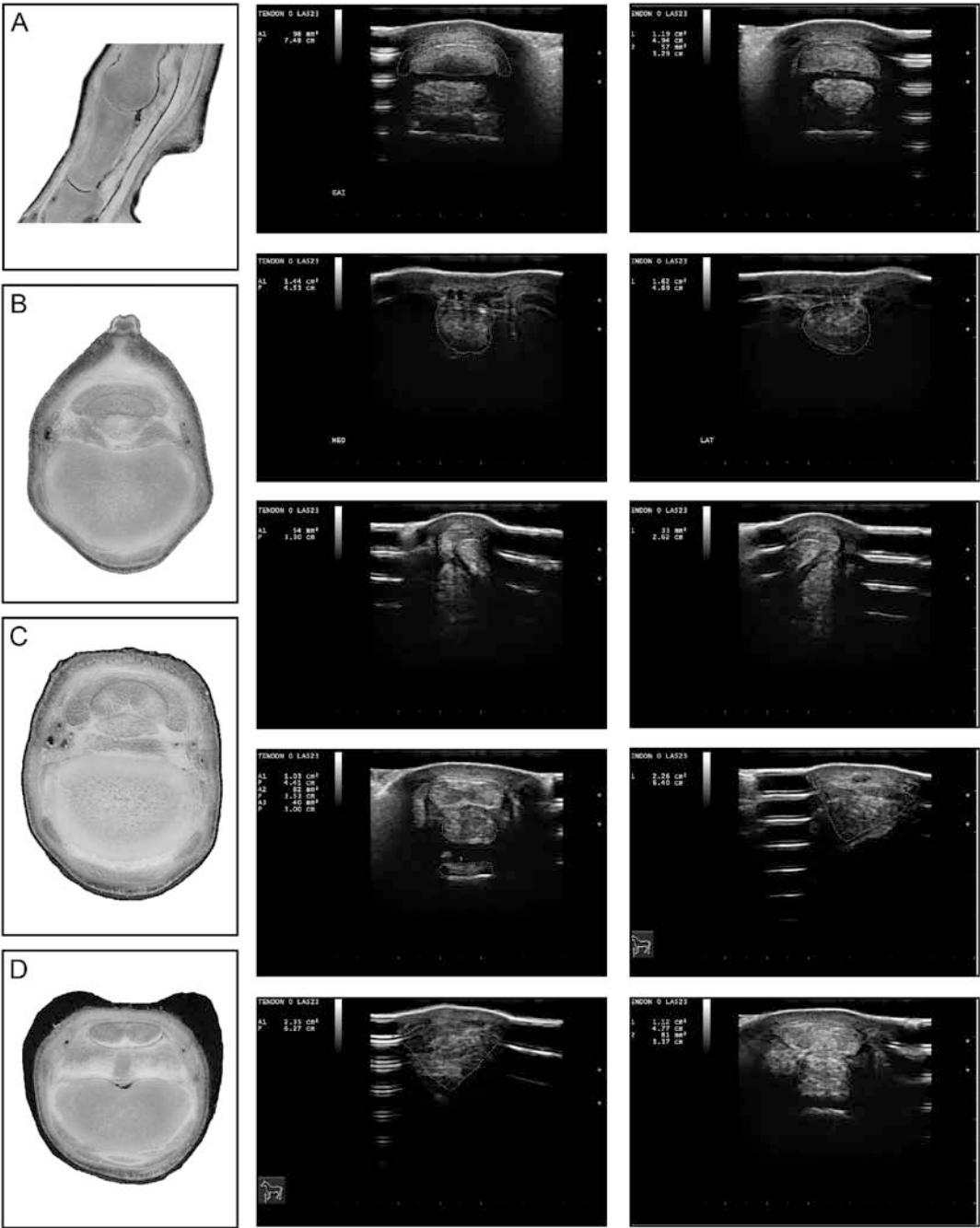


Figura 44

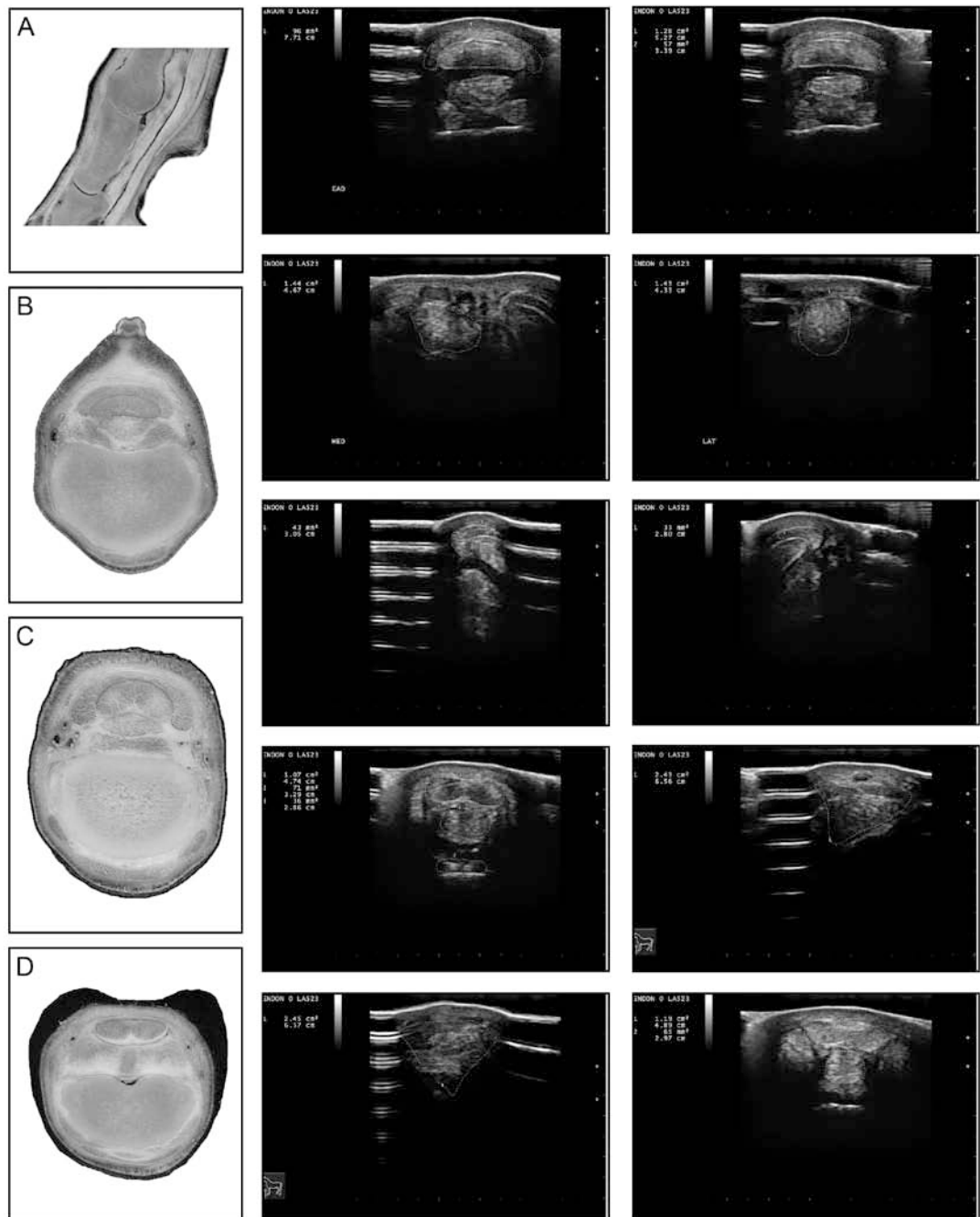


Figura 45

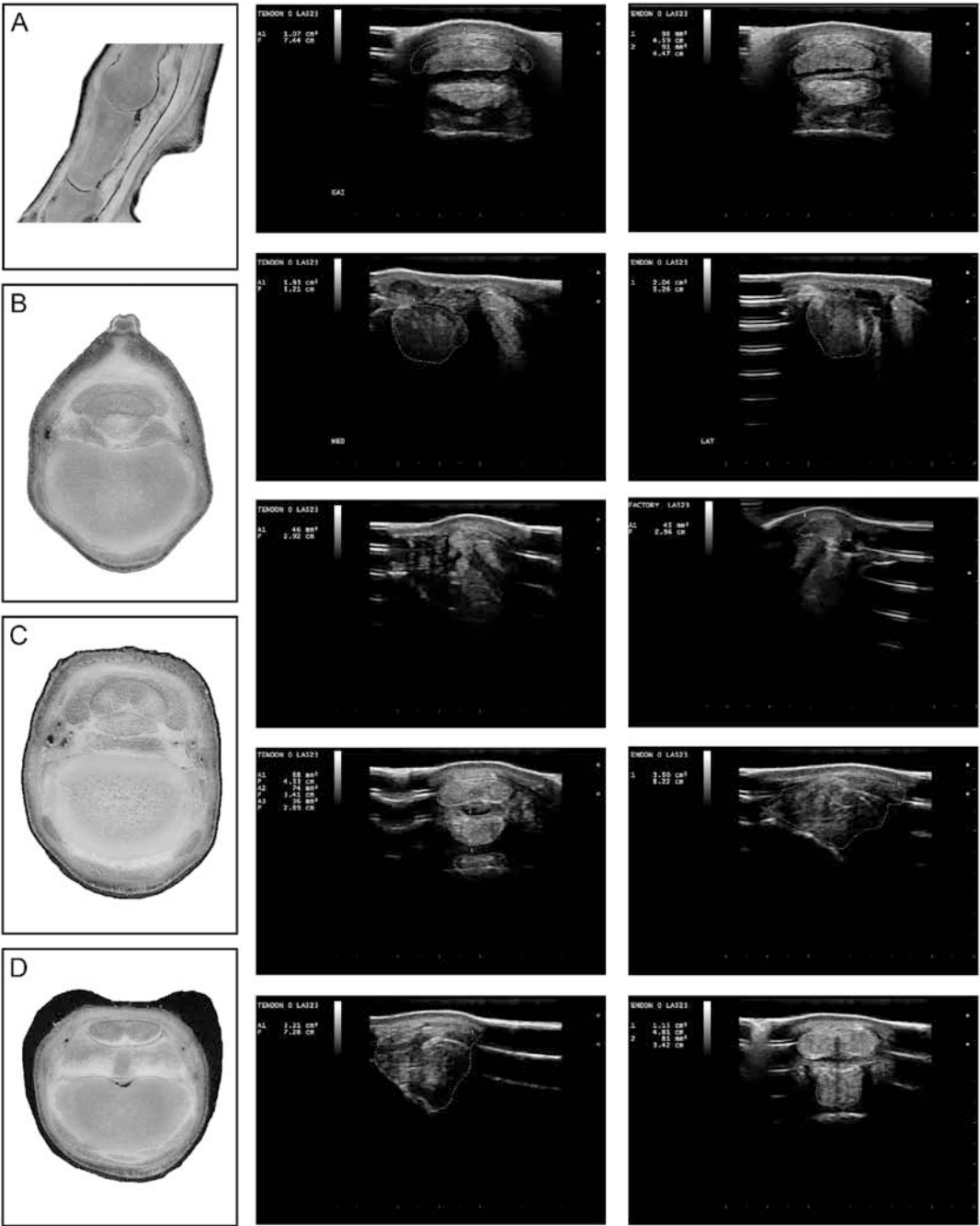


Figura 46

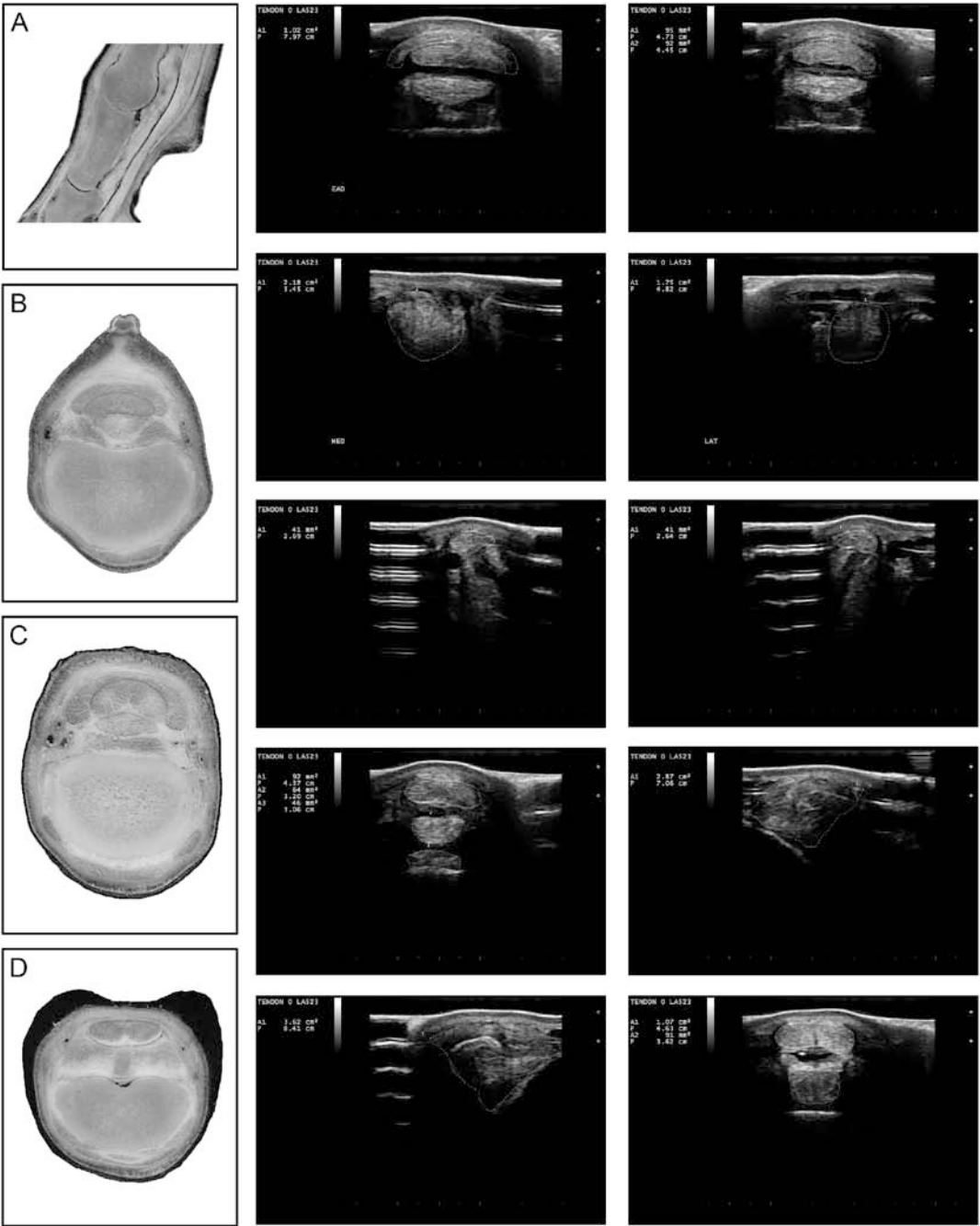


Figura 47

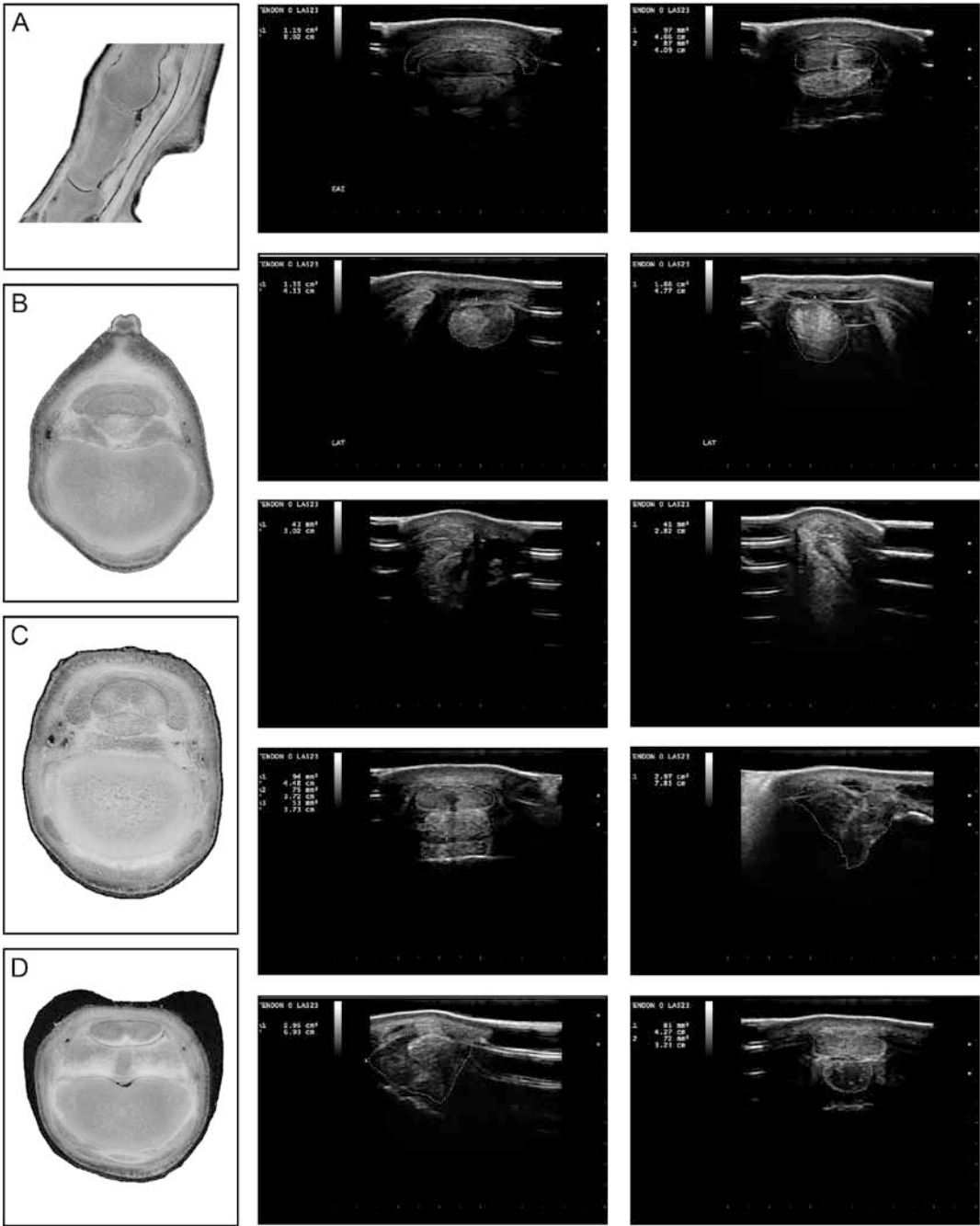




Figura 48

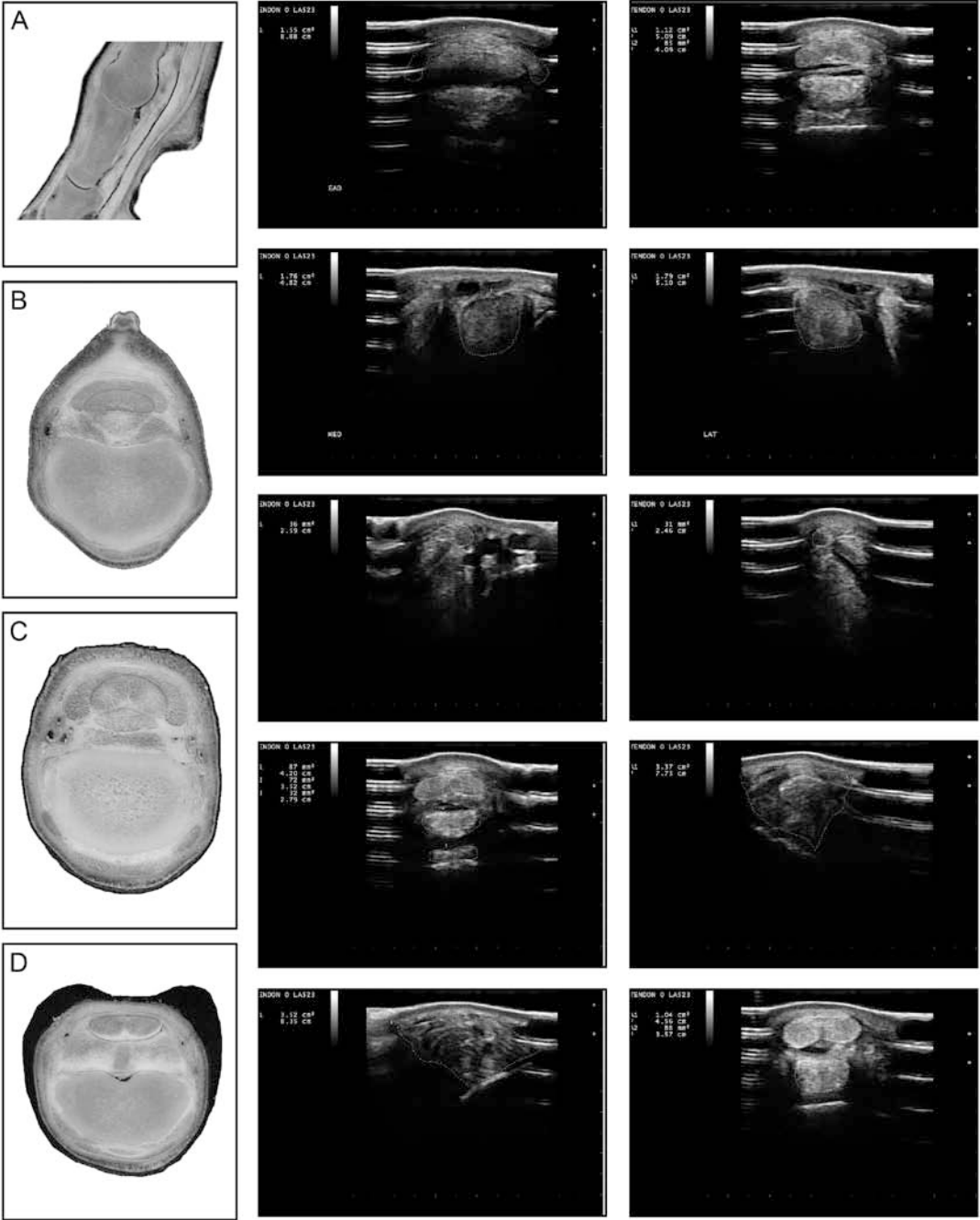


Figura 49

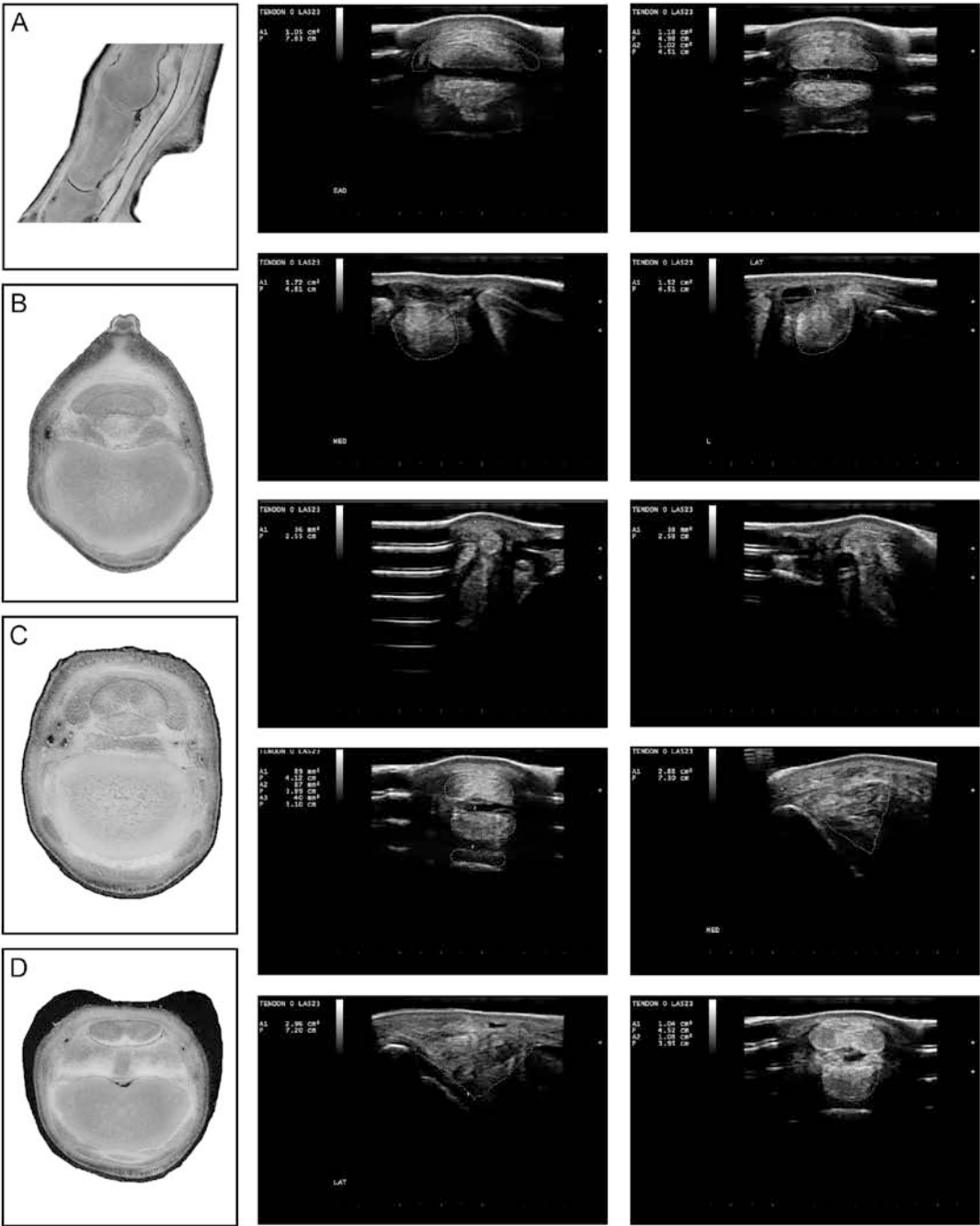


Figura 50

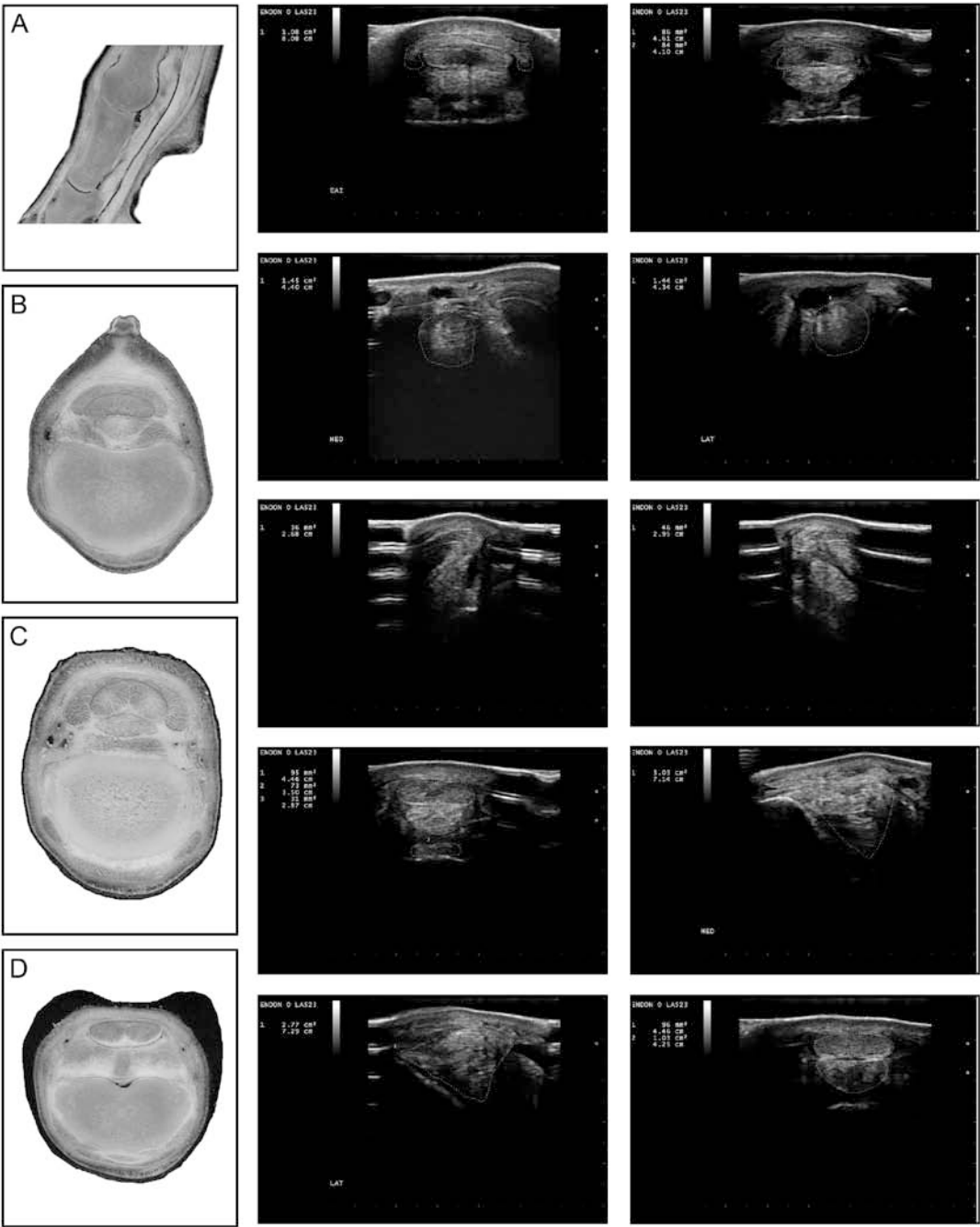


Figura 51

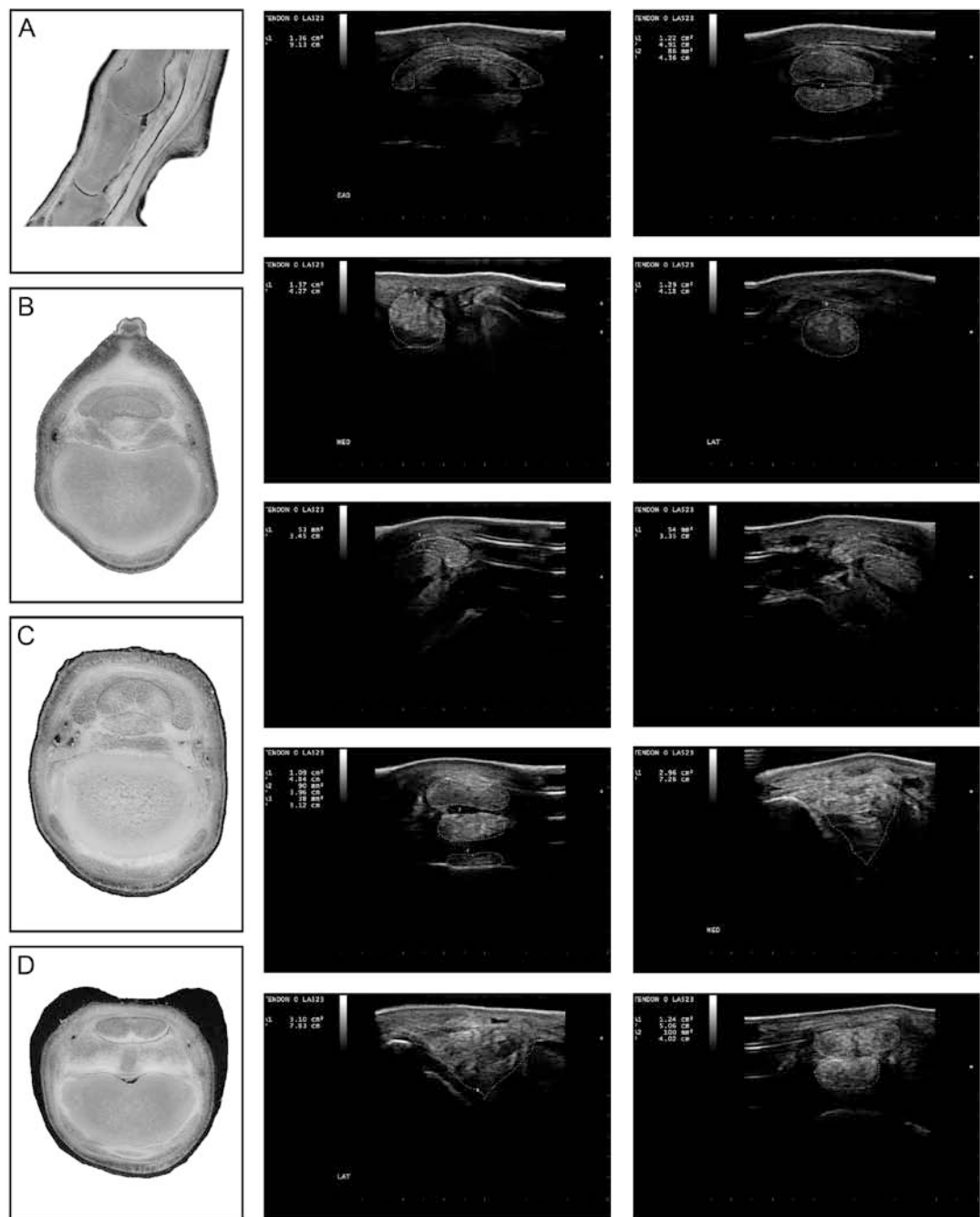


Figura 52

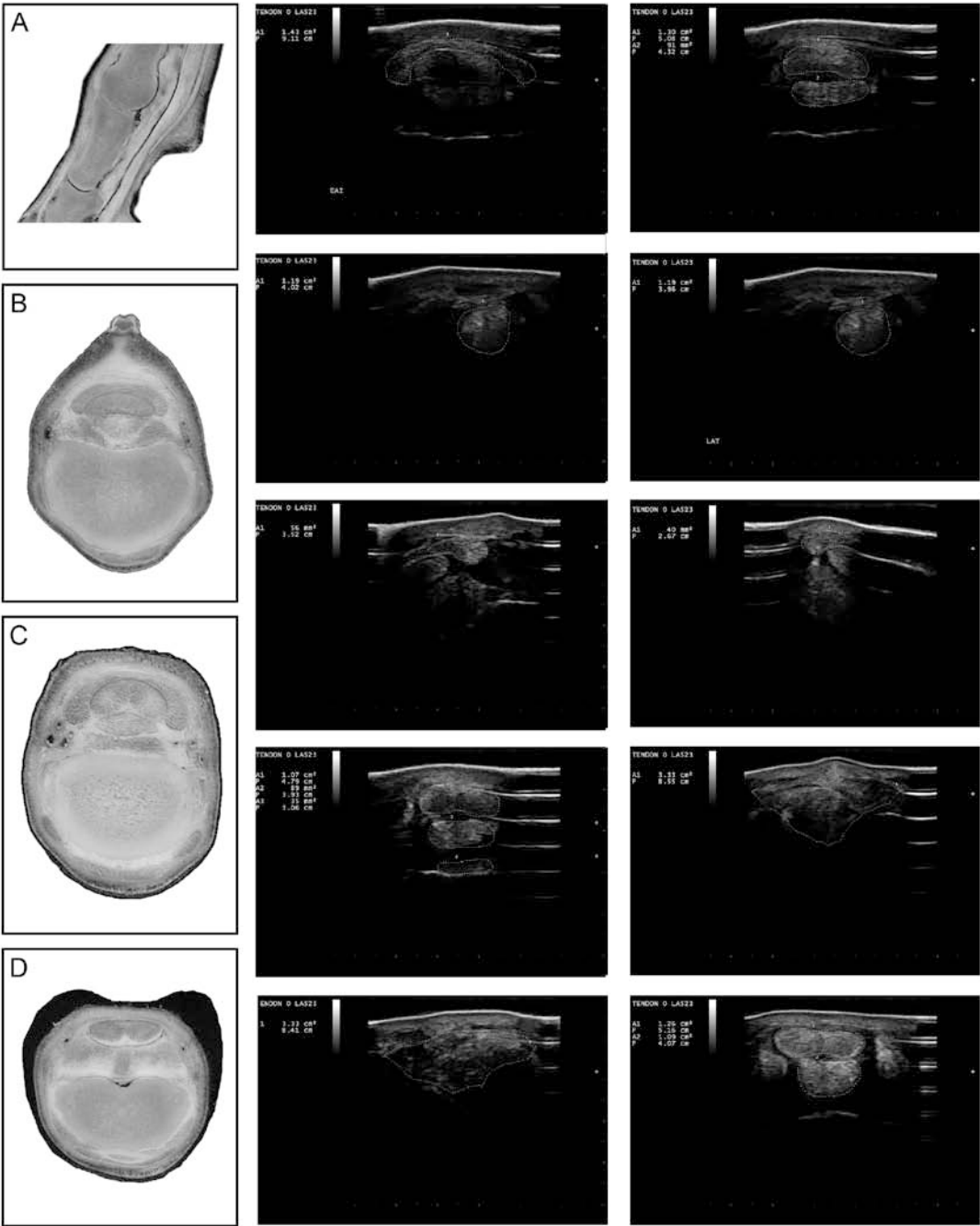


Figura 53

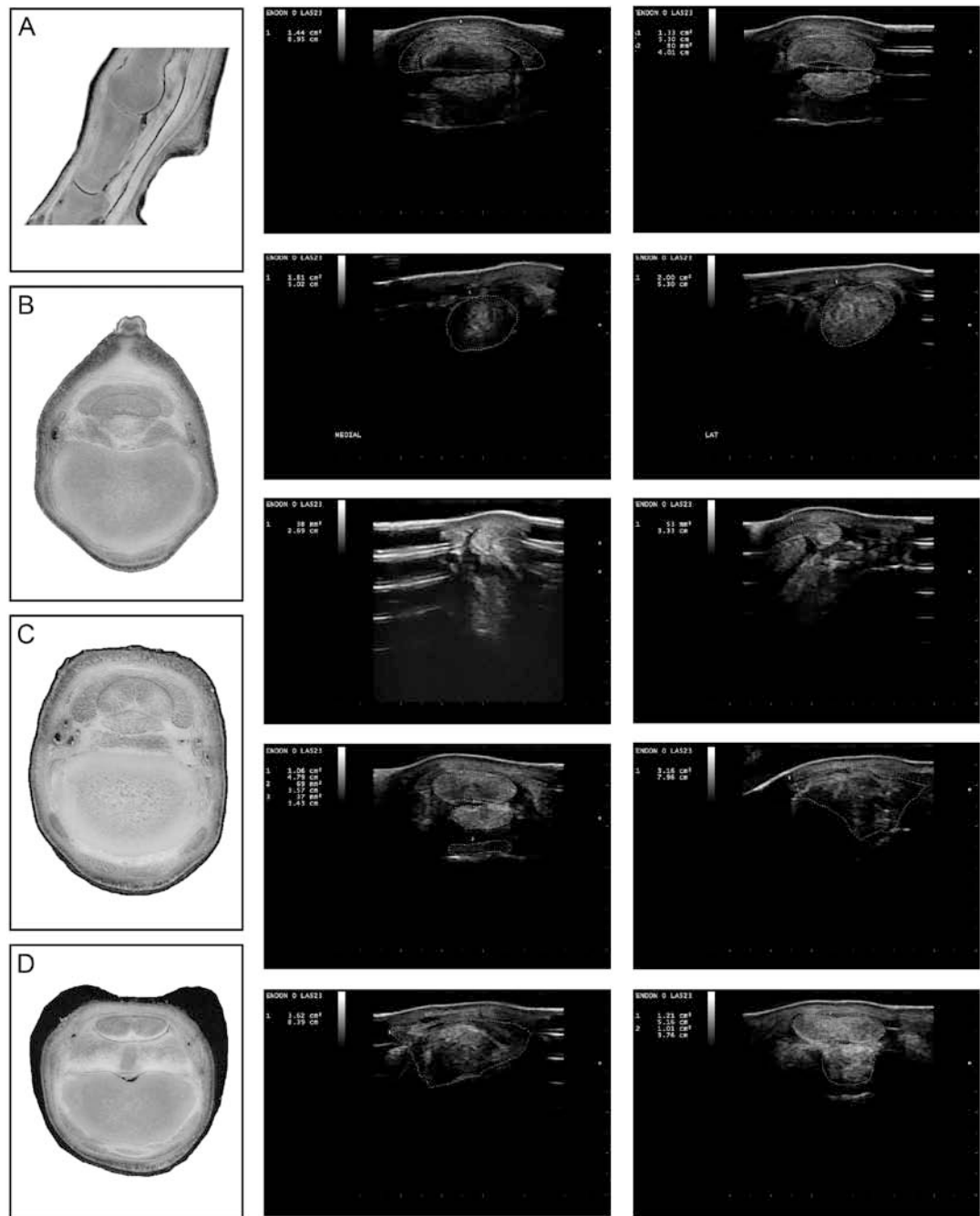


Figura 54

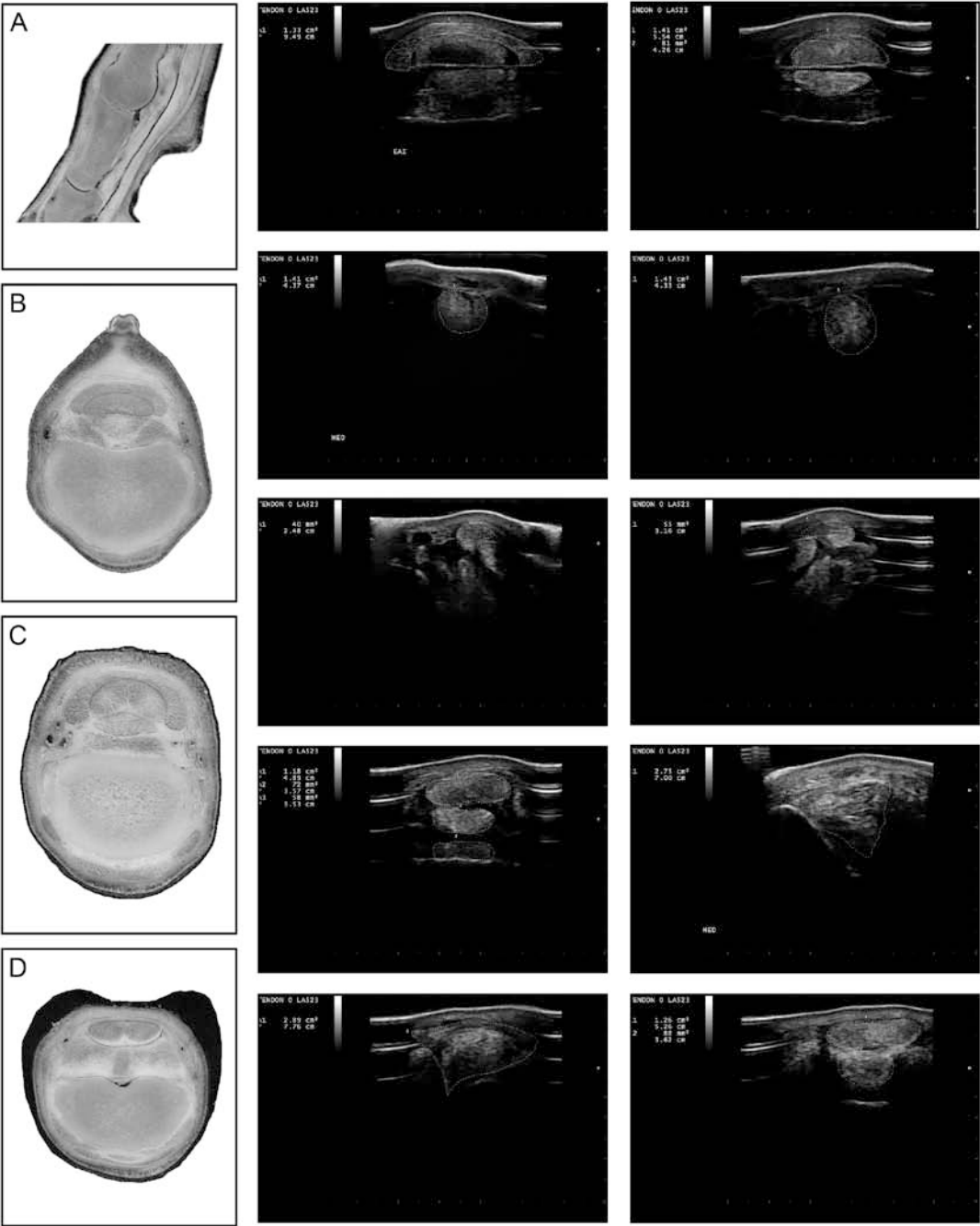


Figura 55

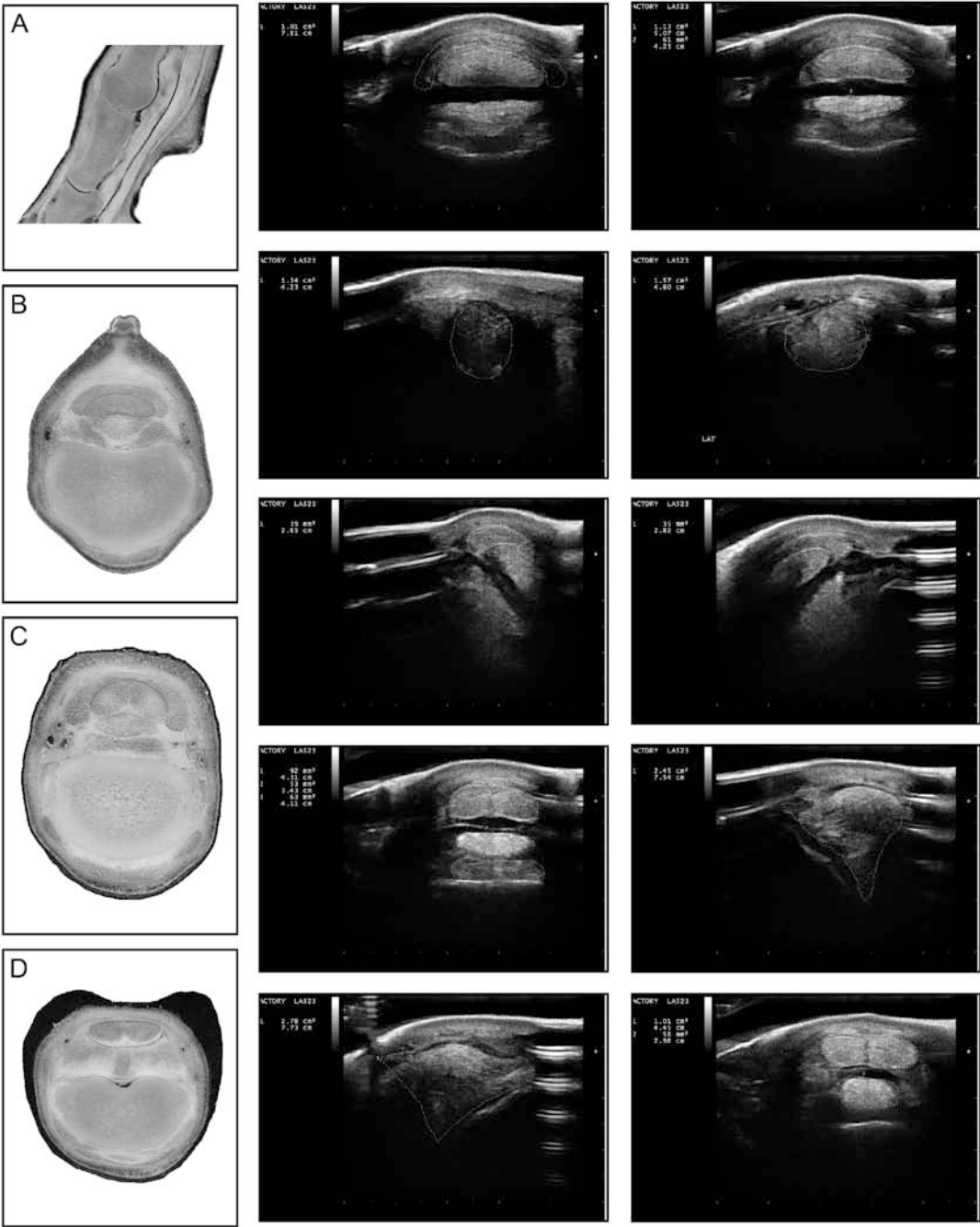




Figura 56

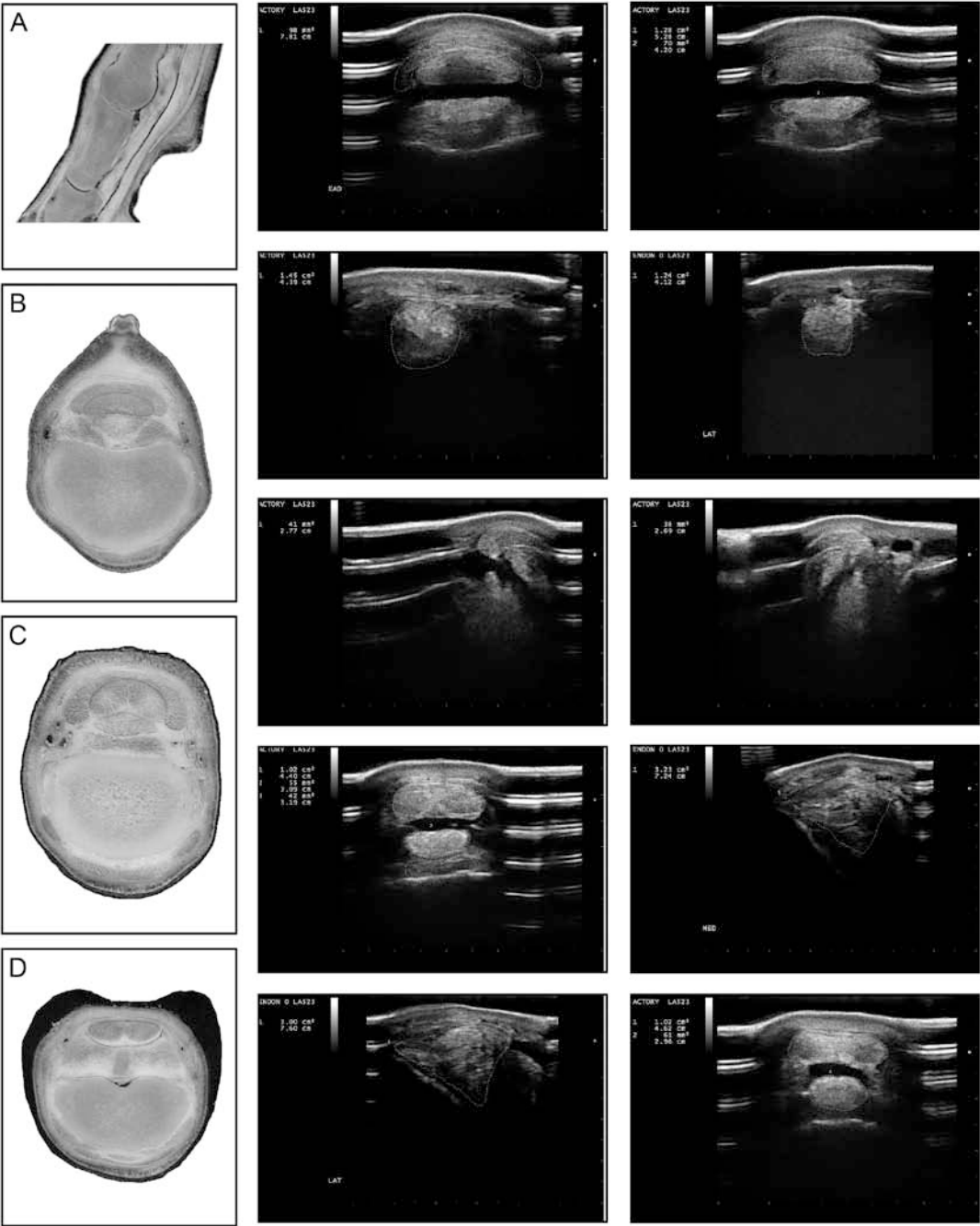


Figura 57

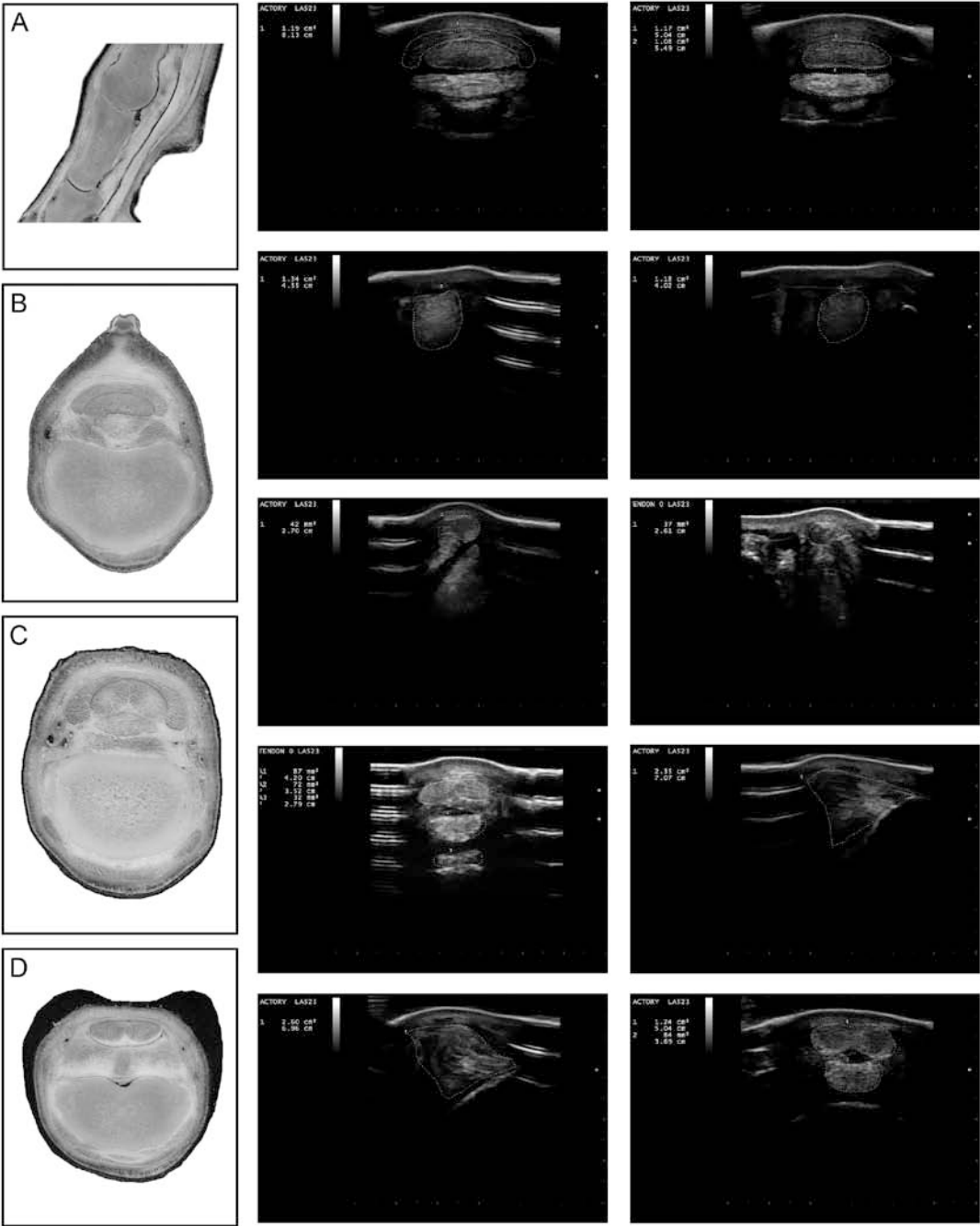


Figura 58

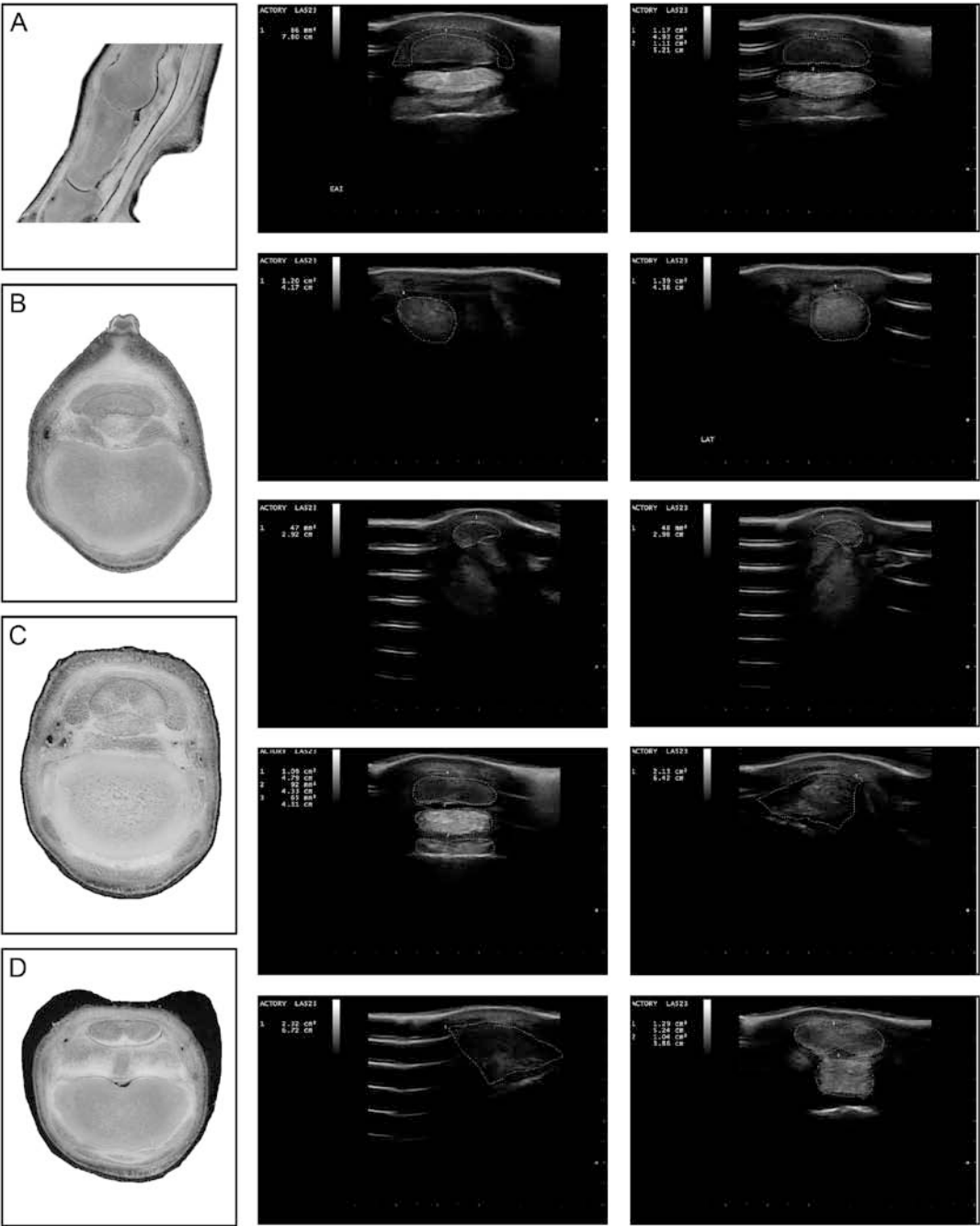


Figura 59

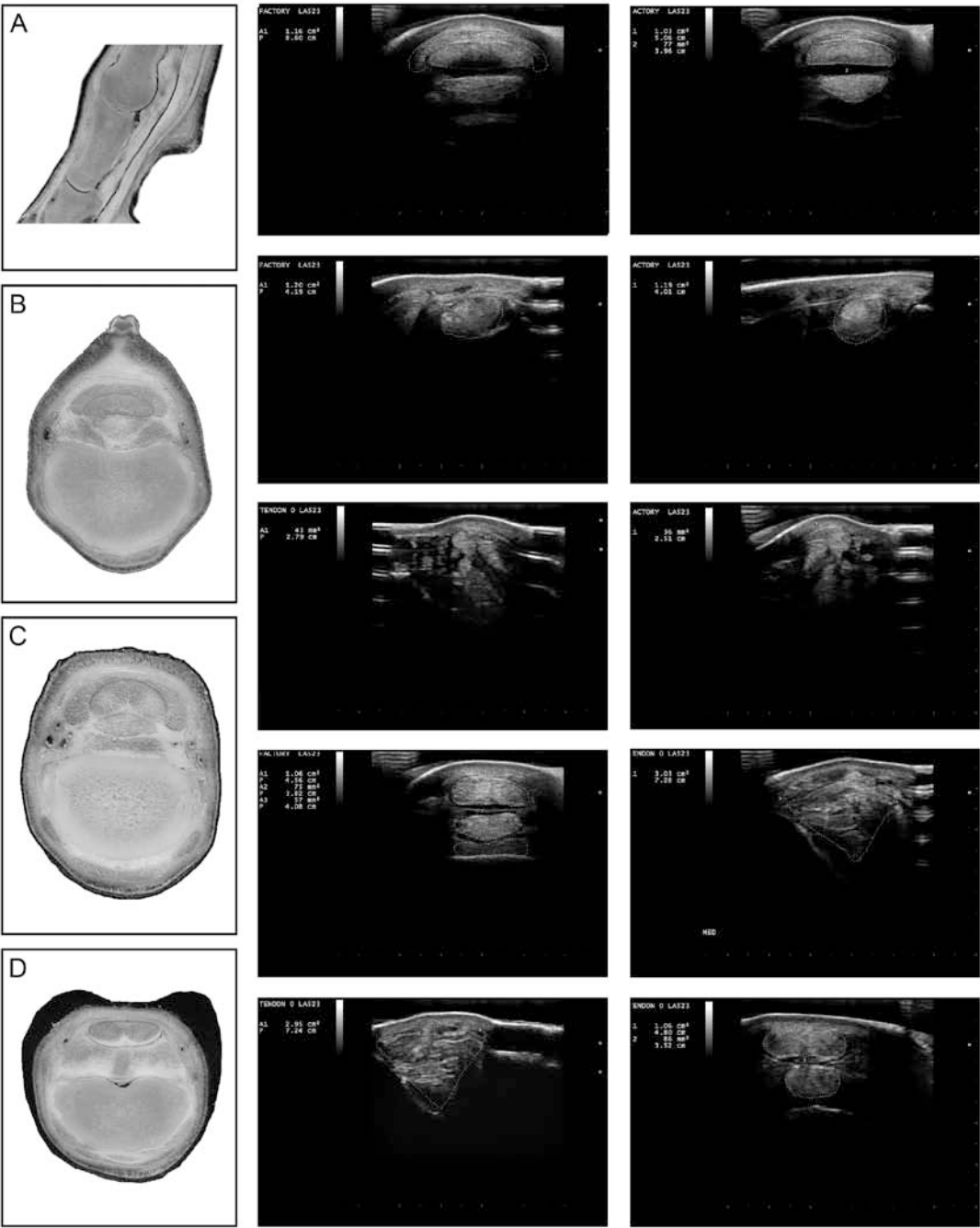


Figura 60

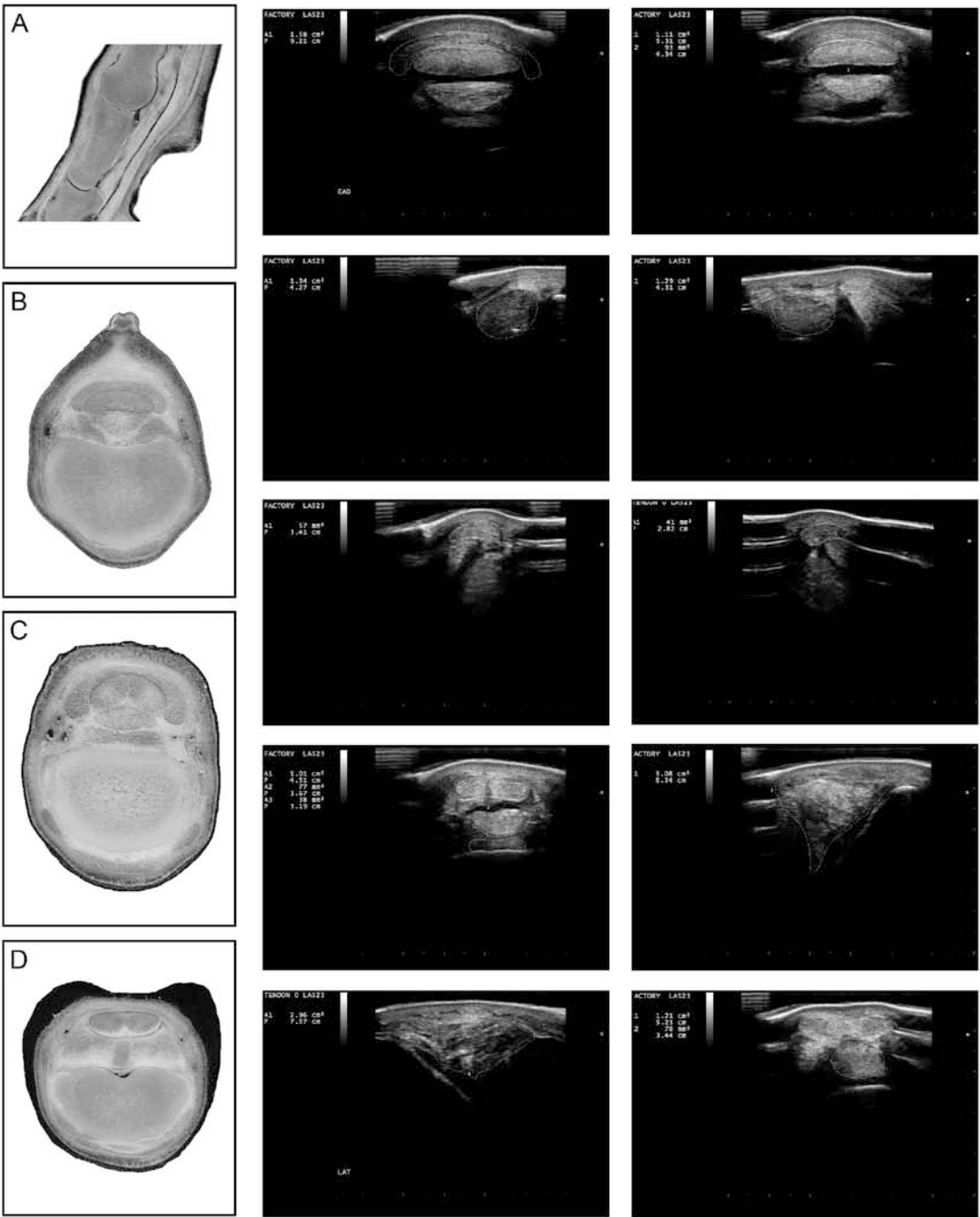


Figura 61

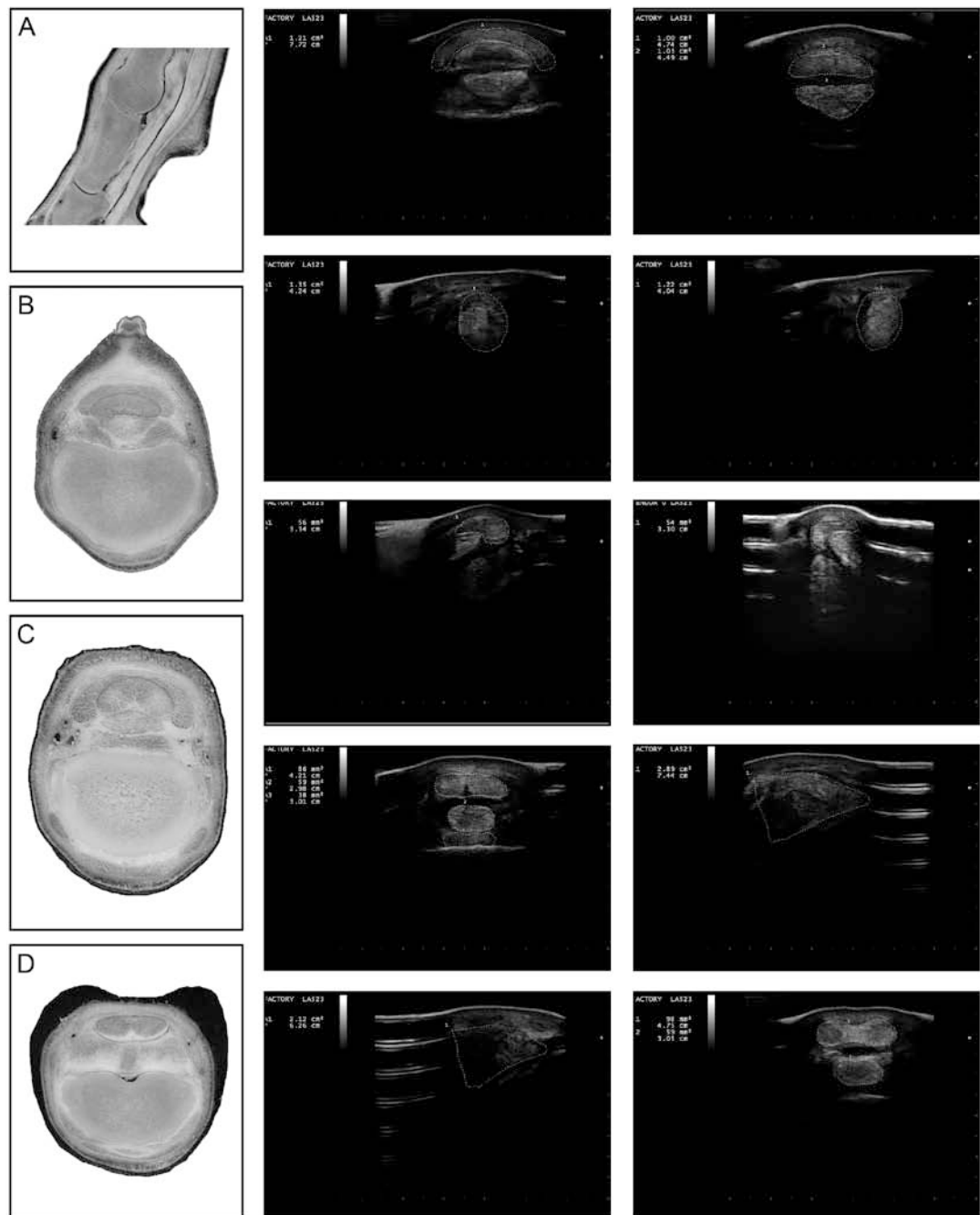


Figura 62

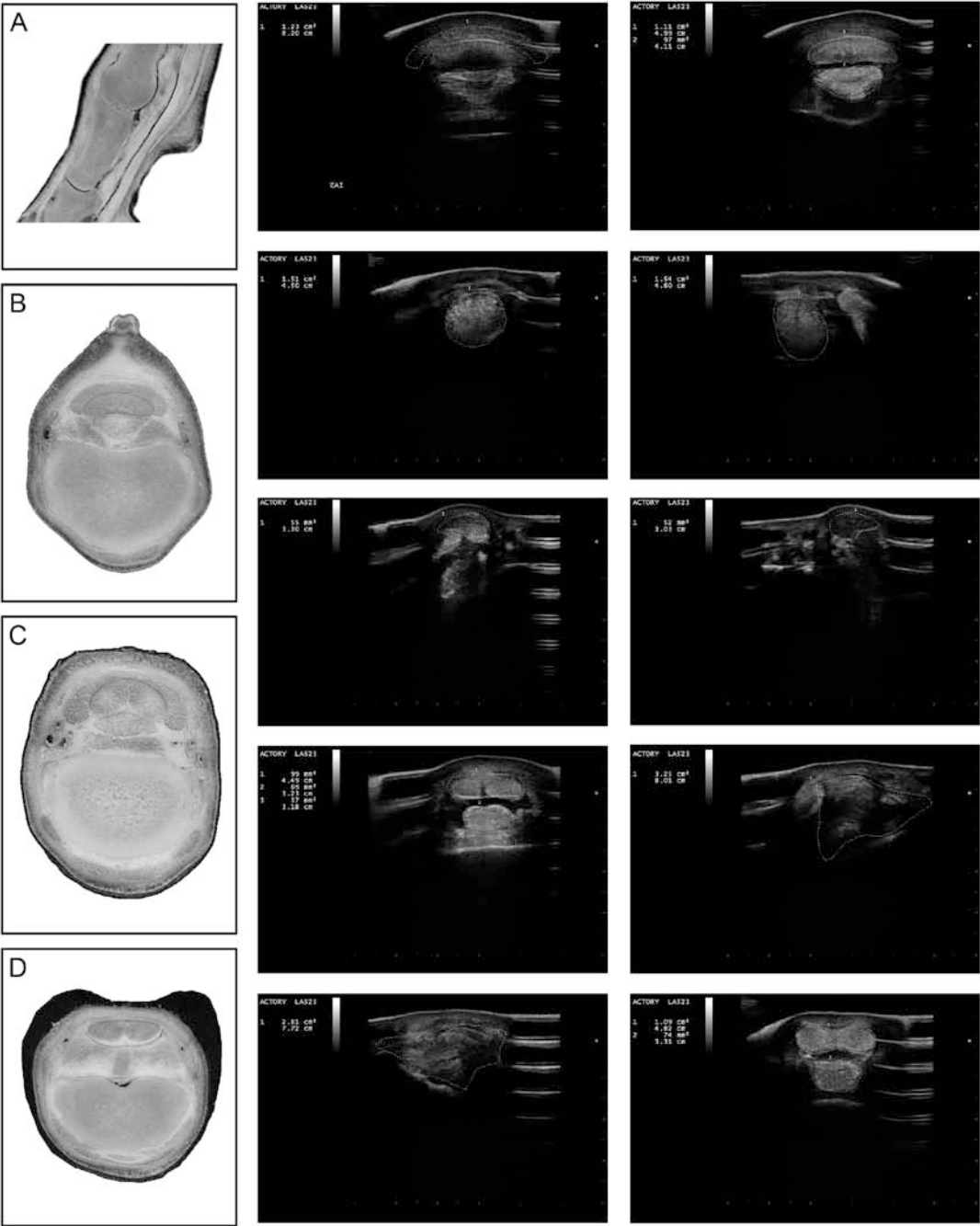


Figura 63

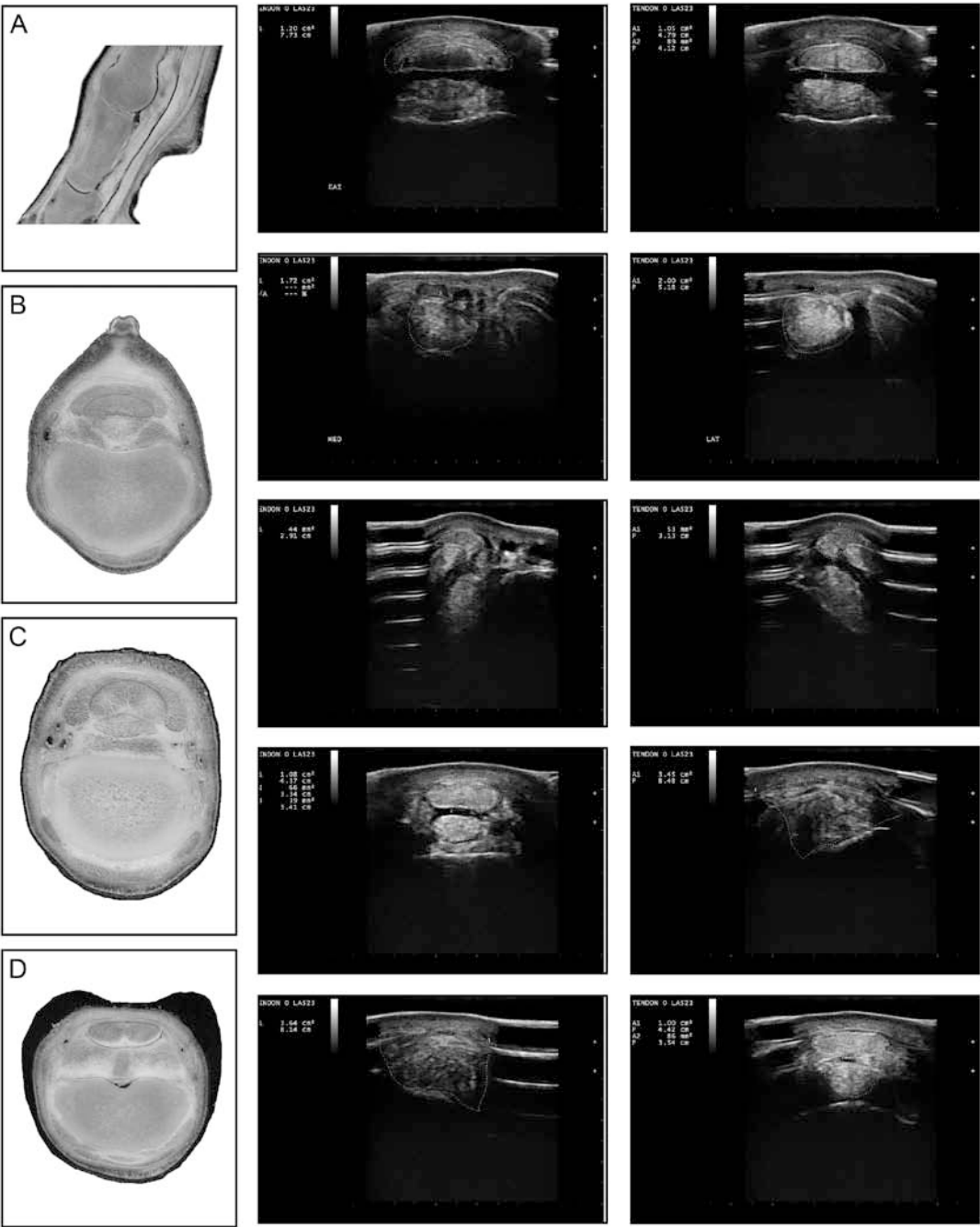




Figura 64

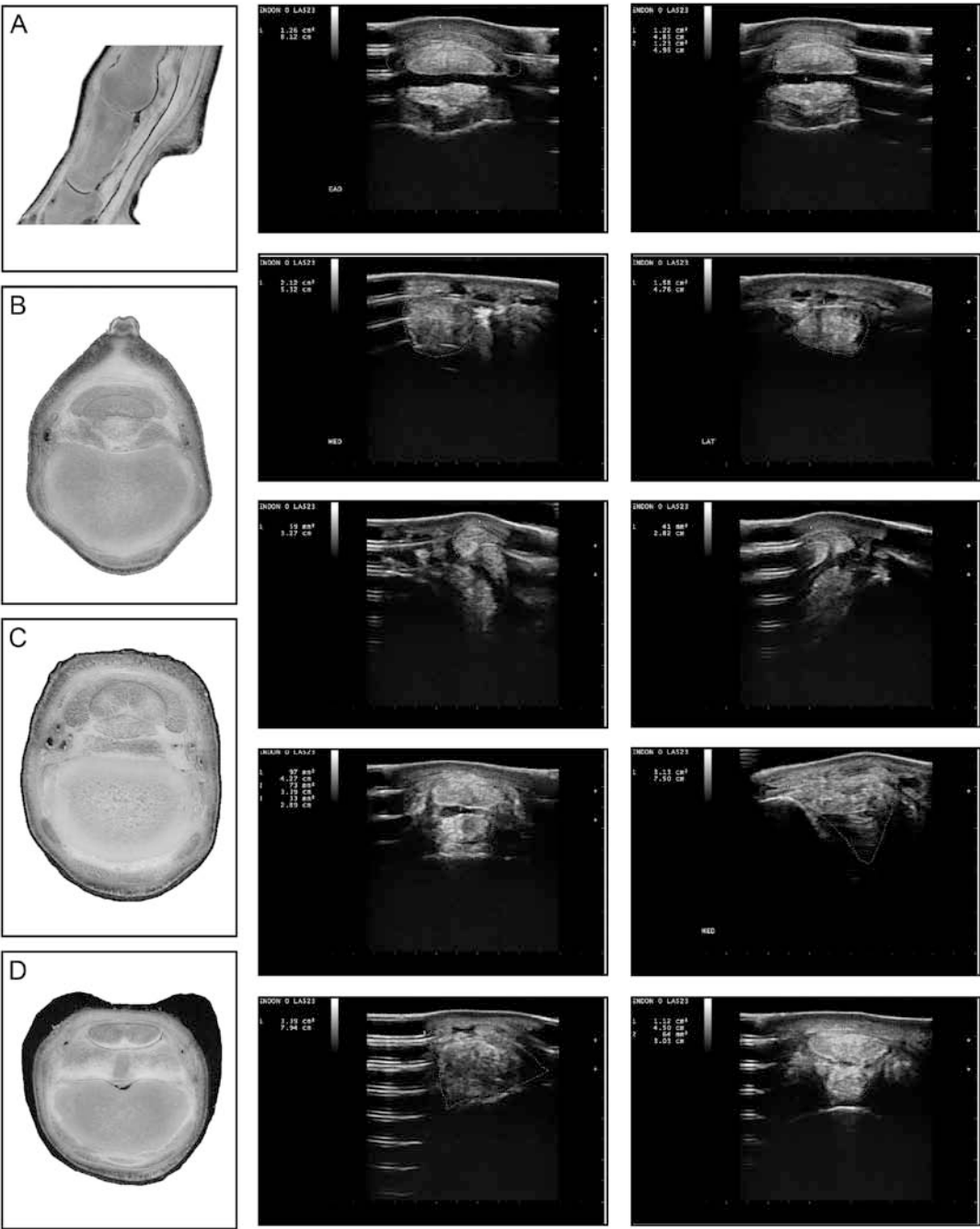


Figura 65

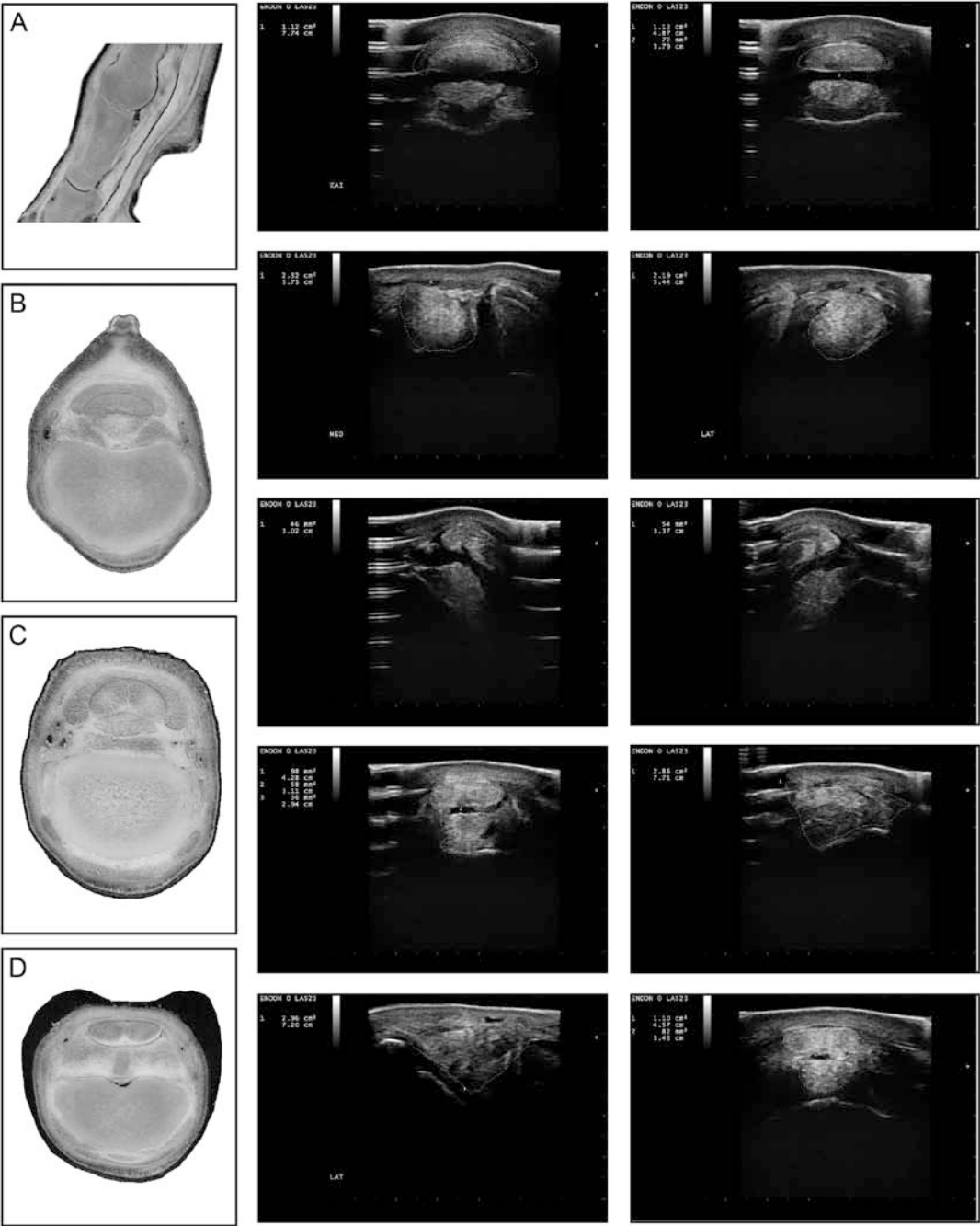


Figura 66

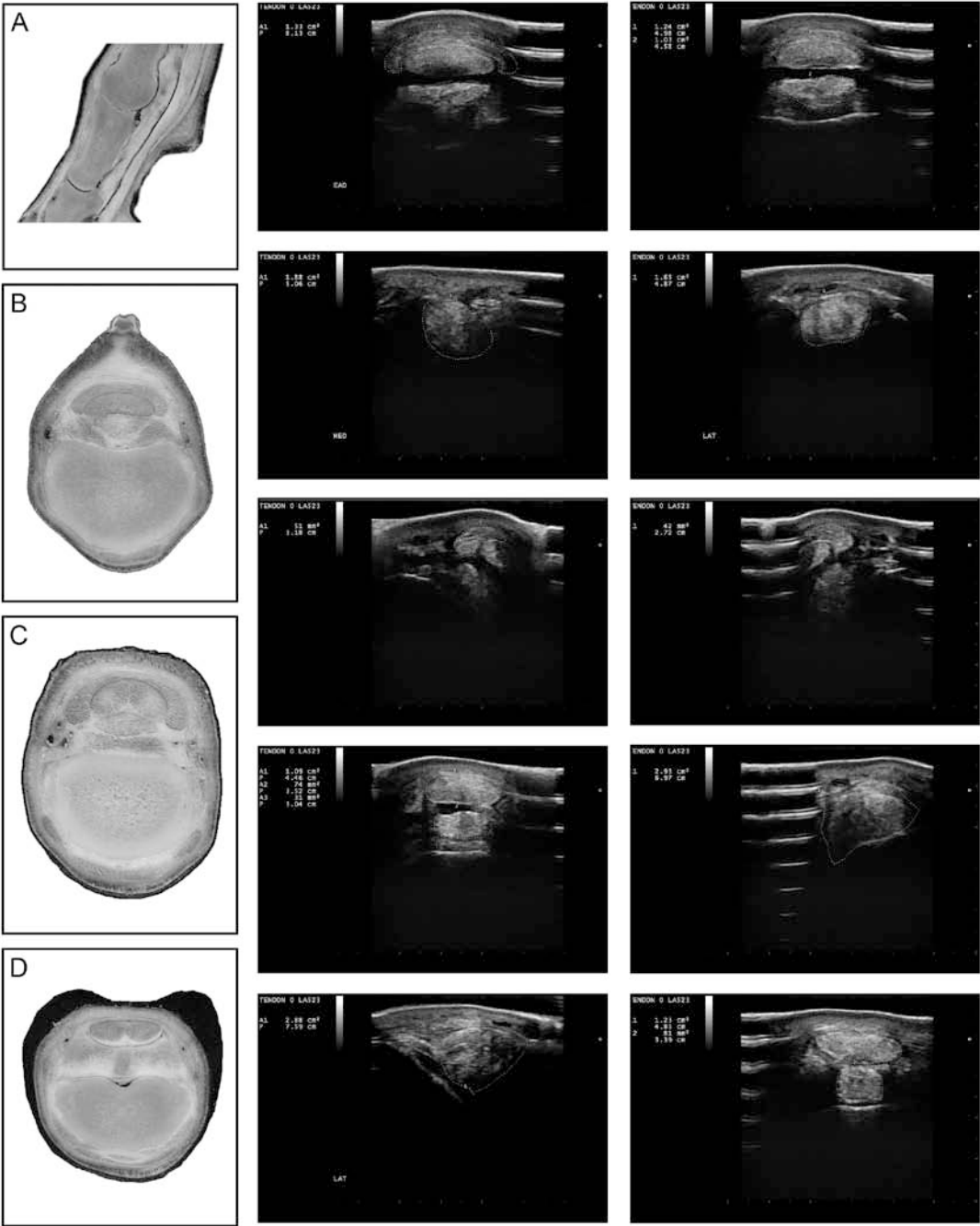


Figura 67

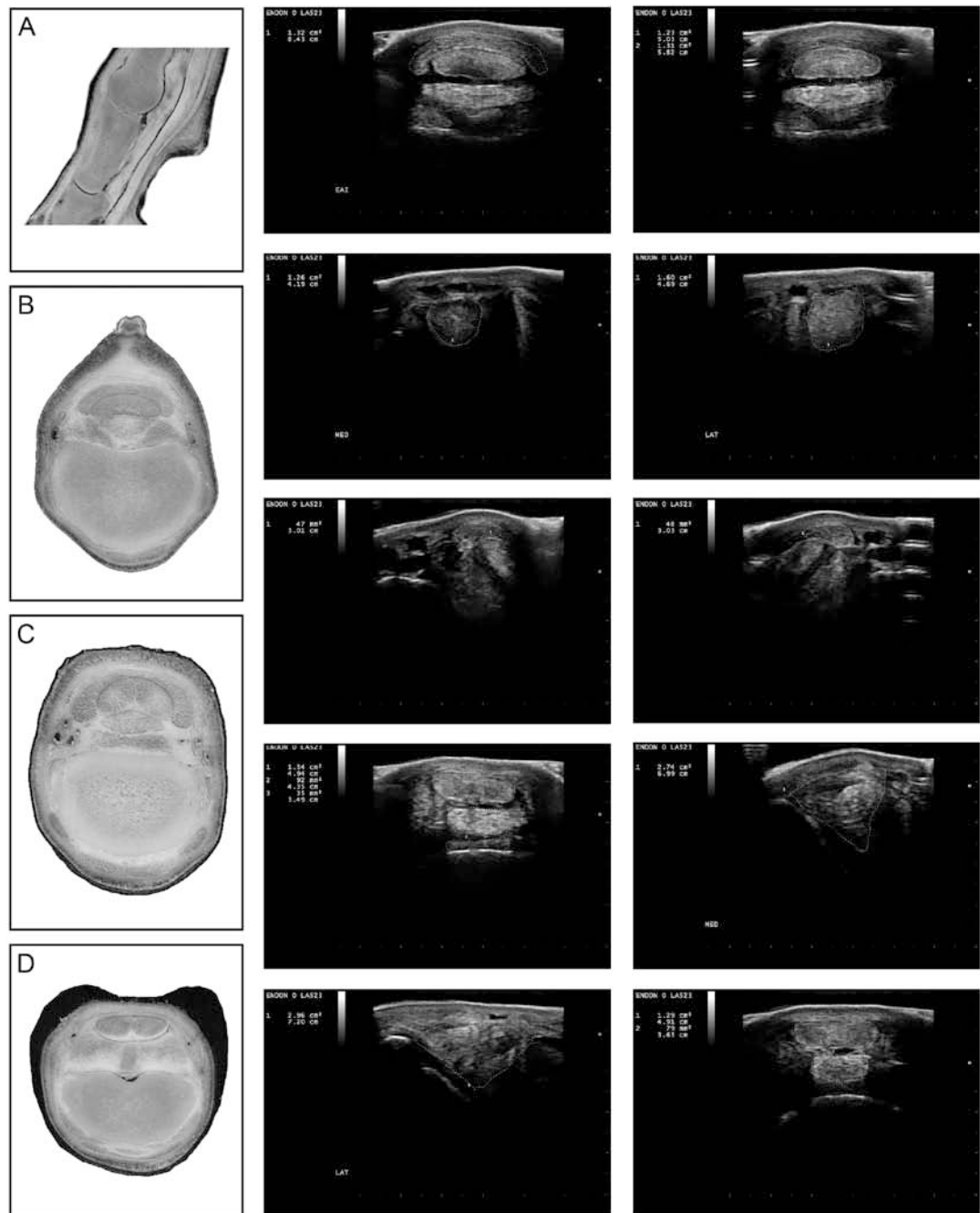


Figura 68

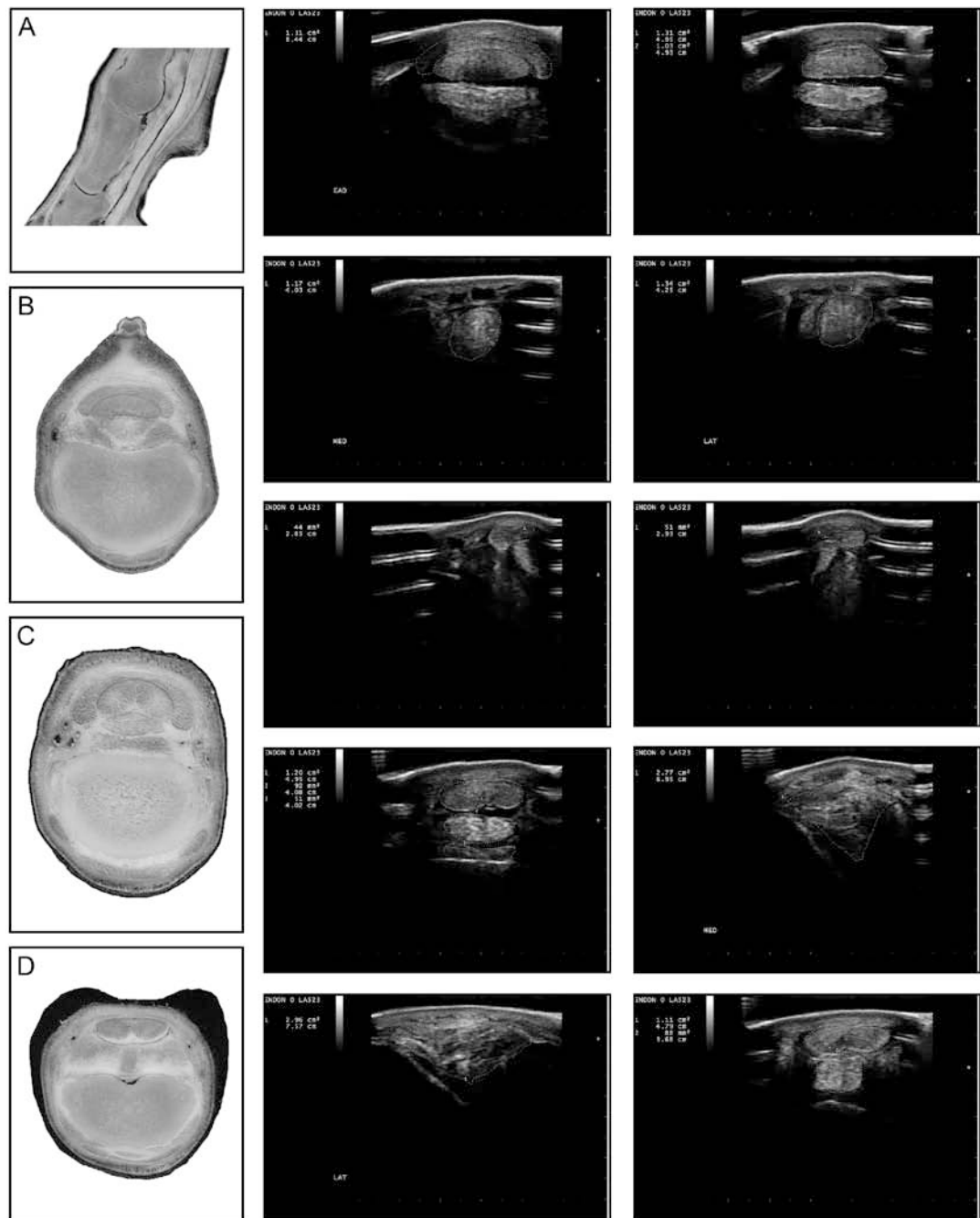


Figura 69

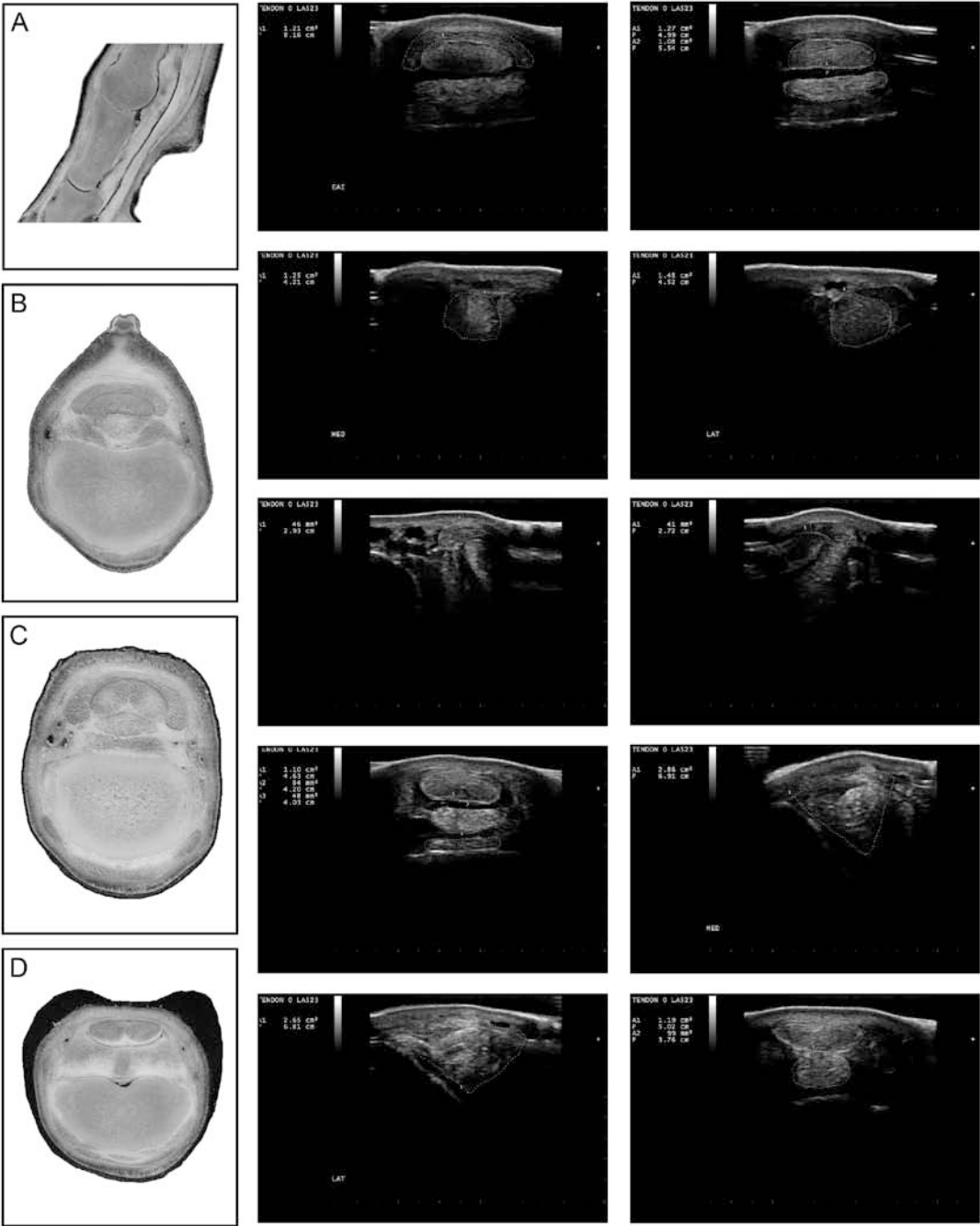


Figura 70

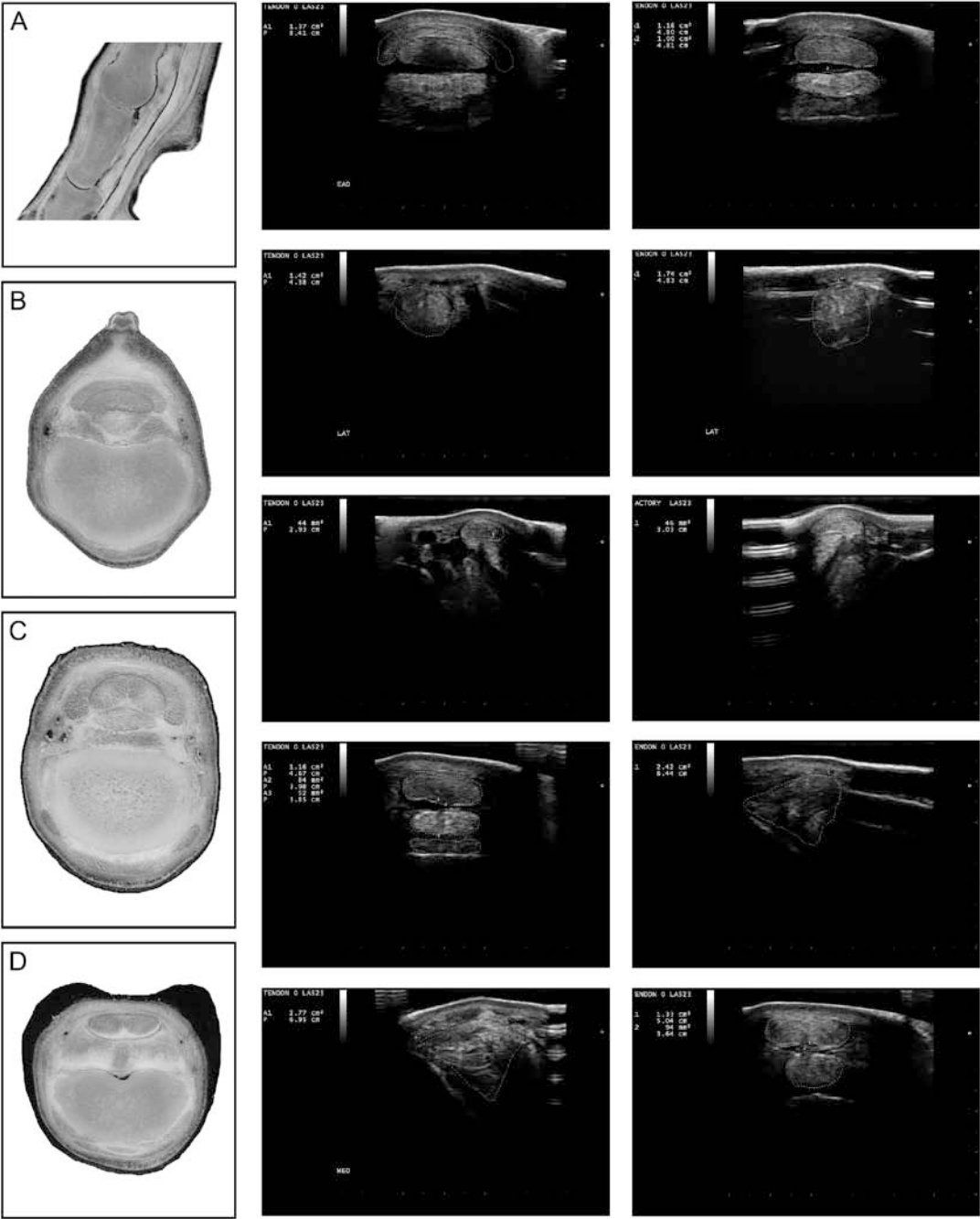


Figura 71

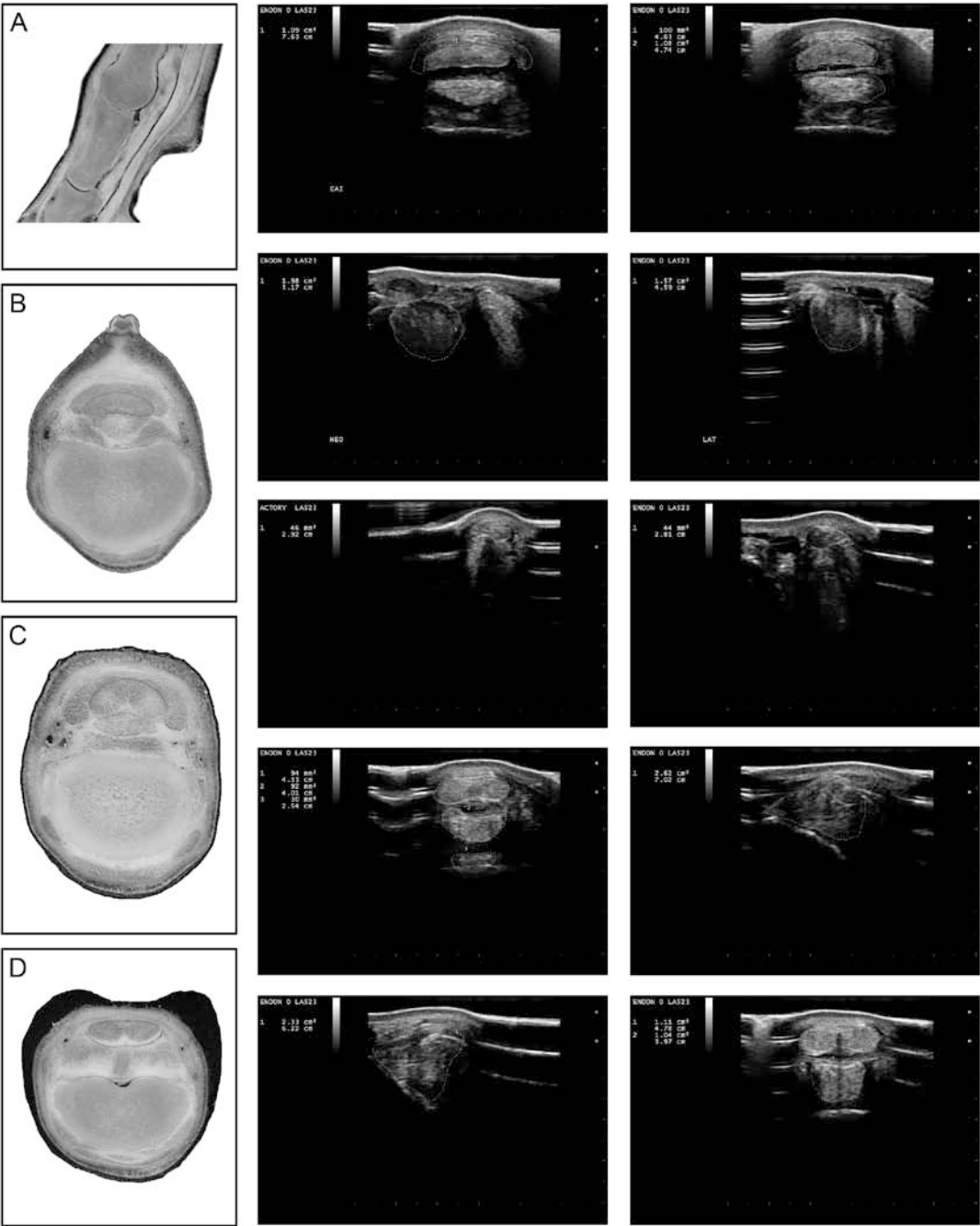




Figura 72

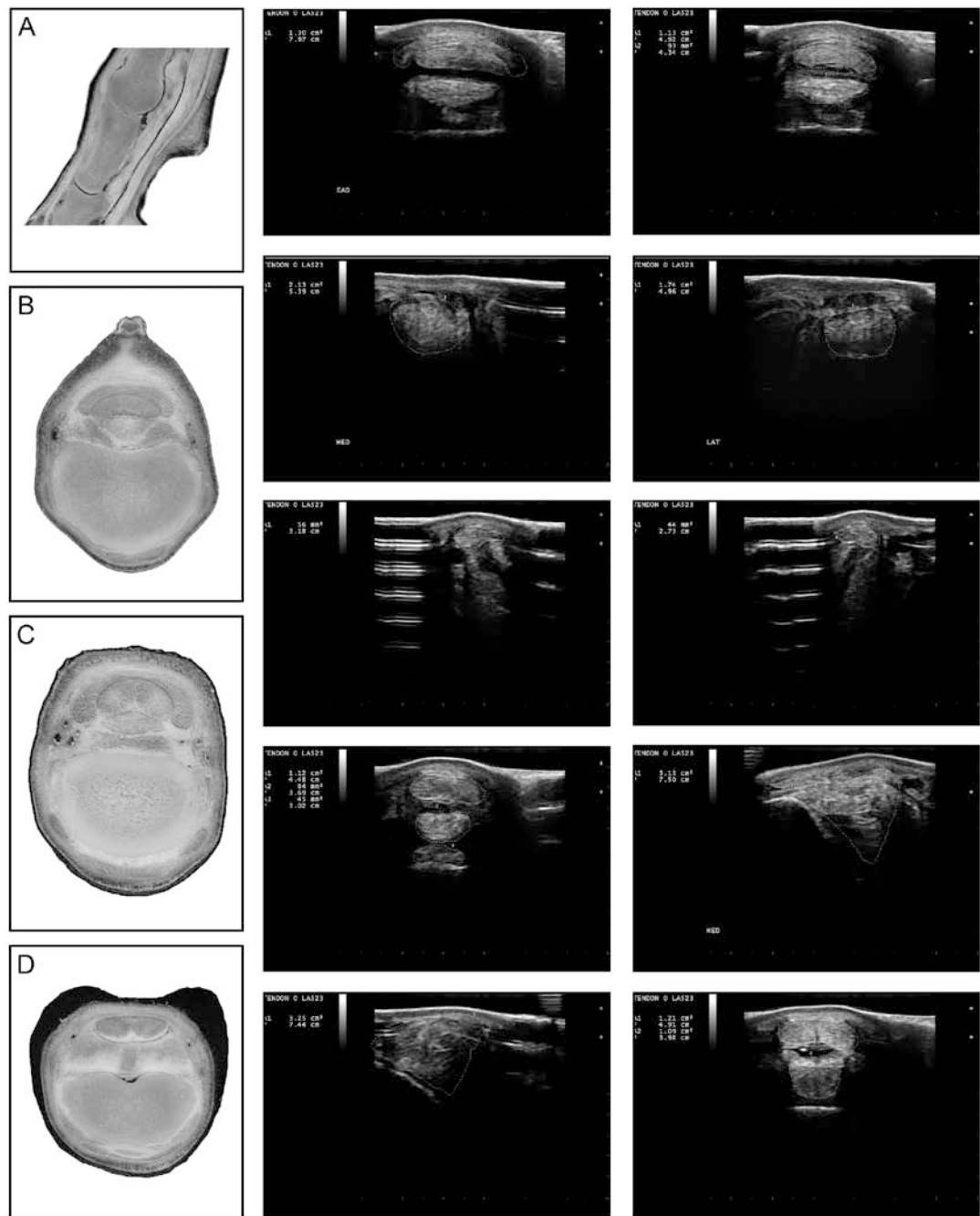


Figura 73

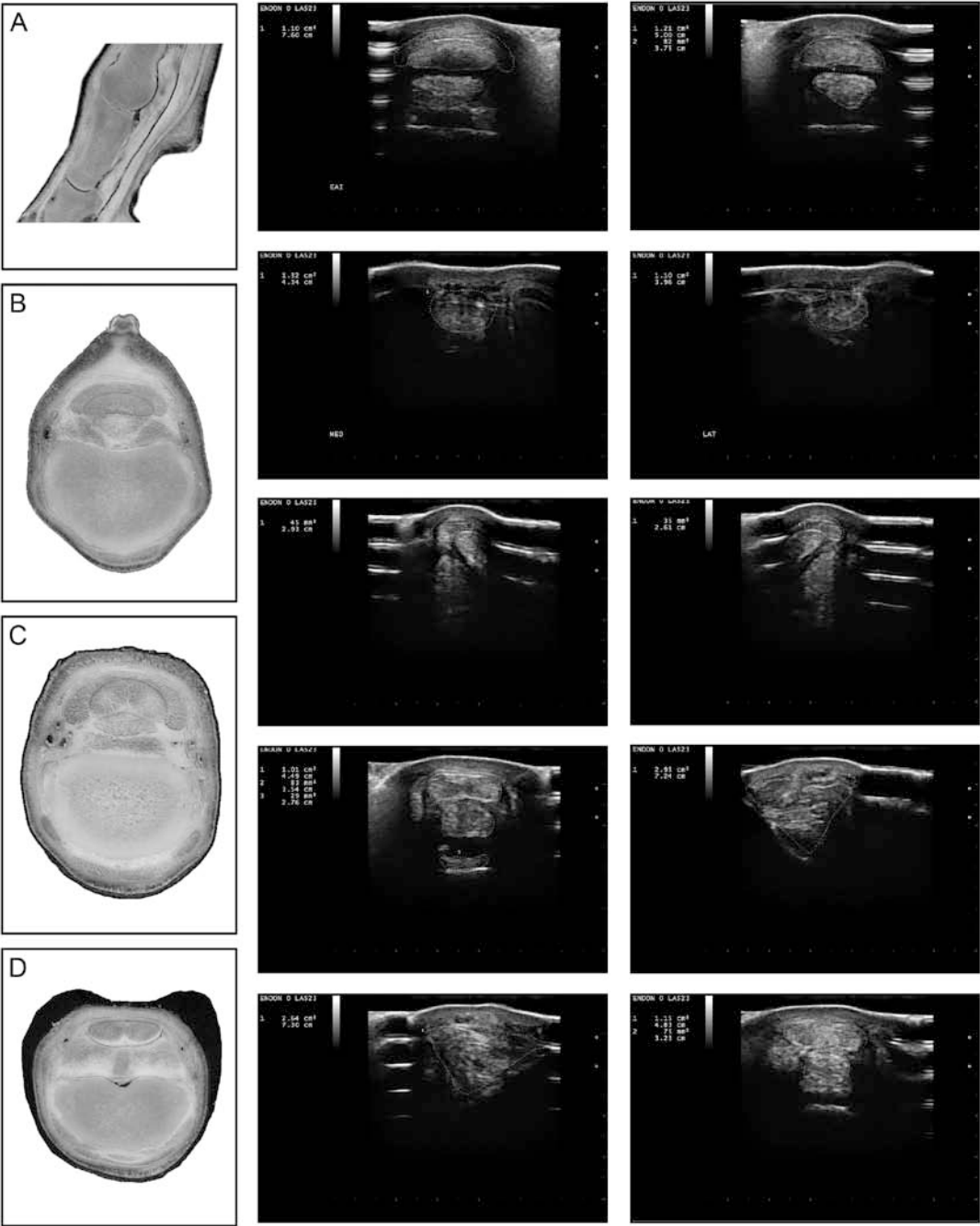


Figura 74

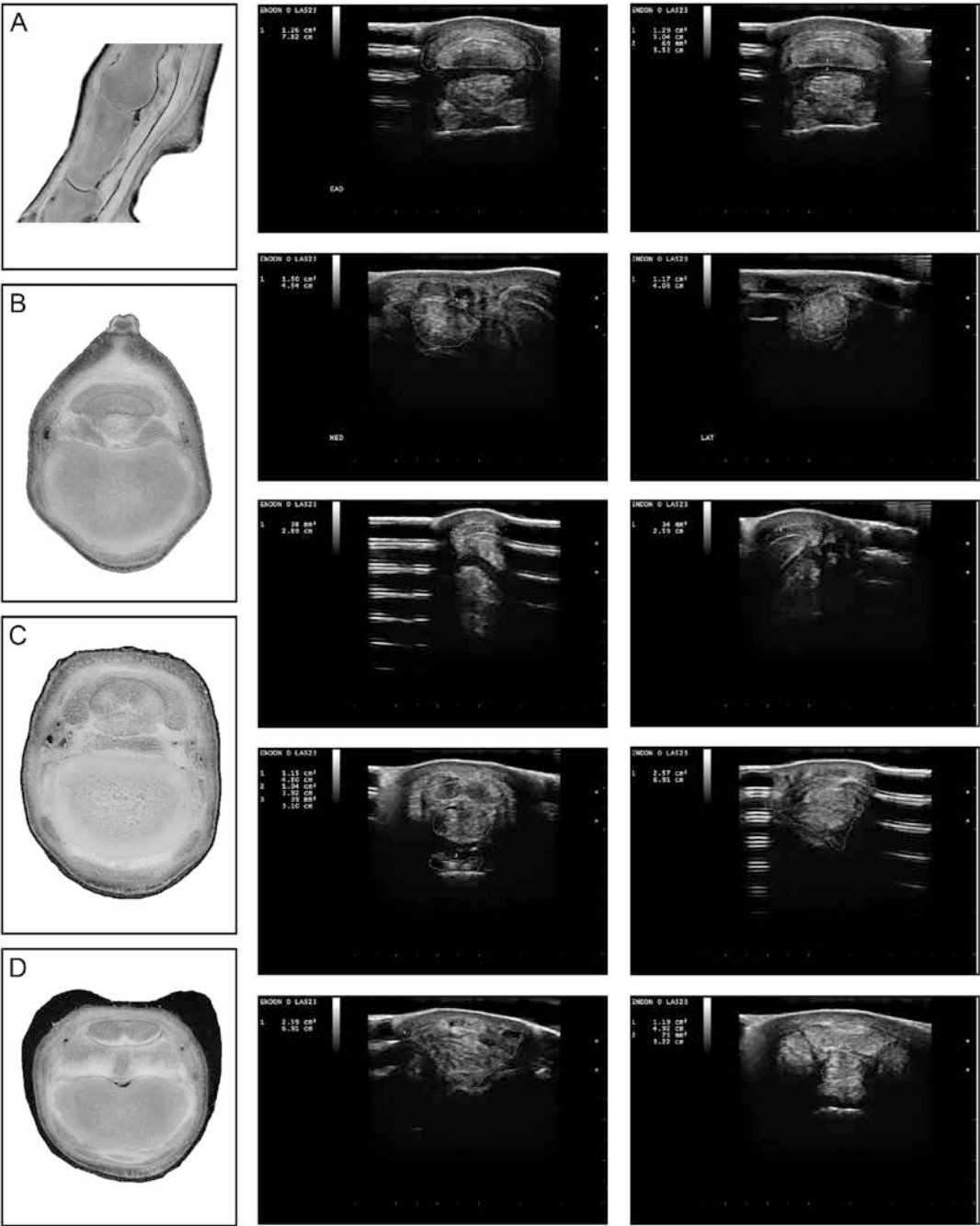


Figura 75

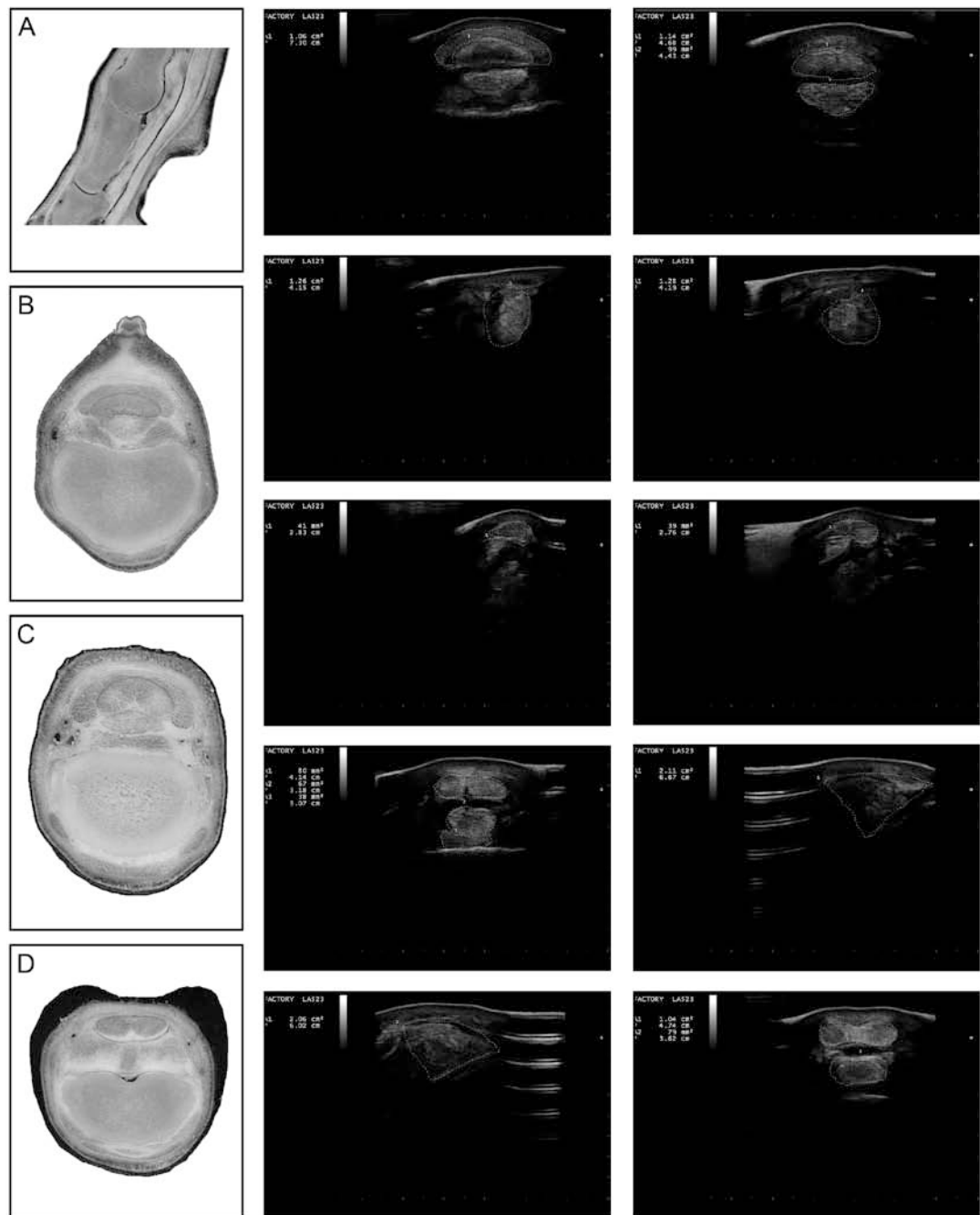


Figura 76

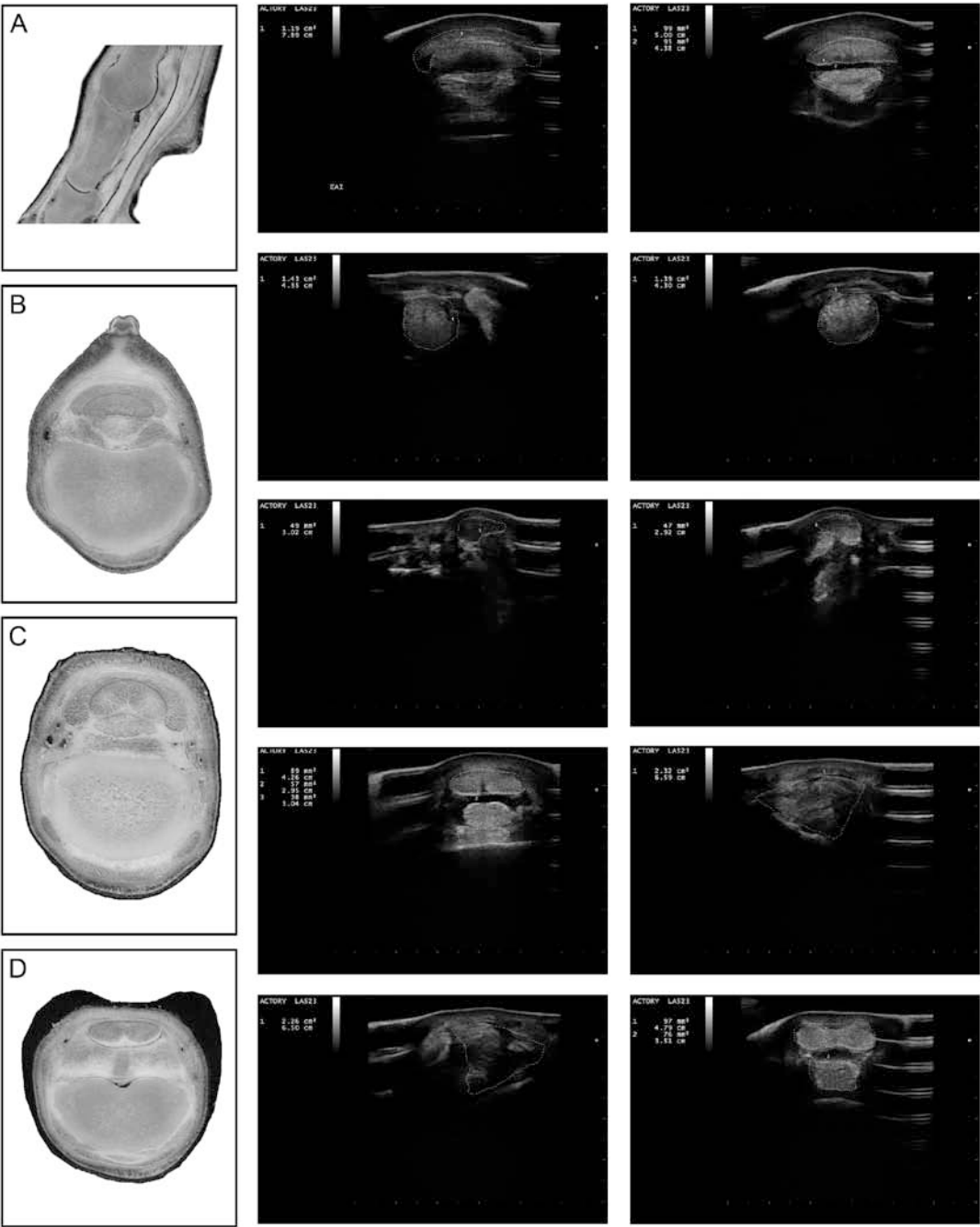


Figura 77

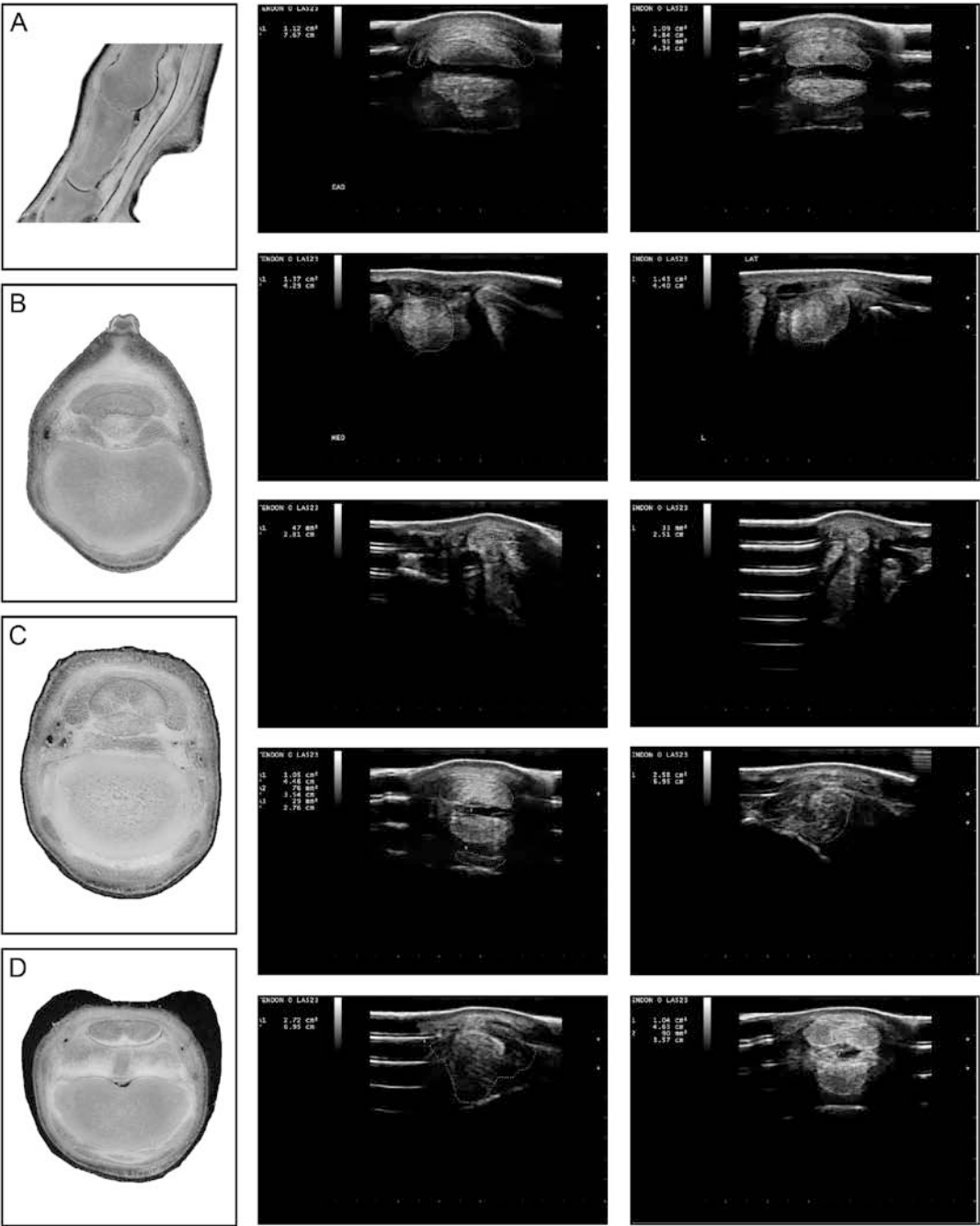


Figura 78. RMN de un corte sagital de la región de referencia (izquierda) y las correspondientes imágenes ecográficas (derecha).

Figura 78

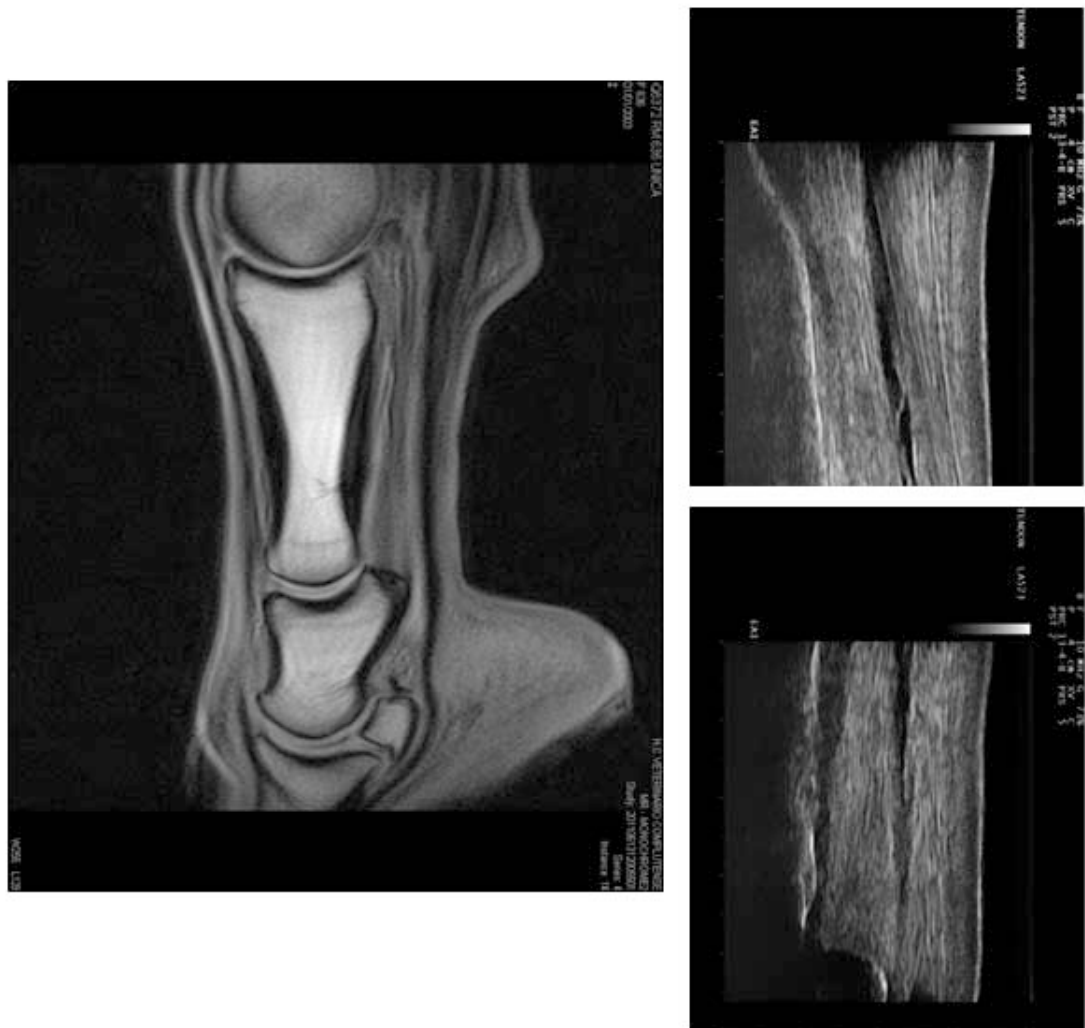




Figura 79. Imágenes ecográficas a nivel proximal que se corresponden con los esquemas 1,2,3,4 de la plantilla incluida en la figura 23, con las imágenes de resonancia (incorporadas en el ángulo inferior izquierdo) realizadas en el mismo animal.

Figura 79

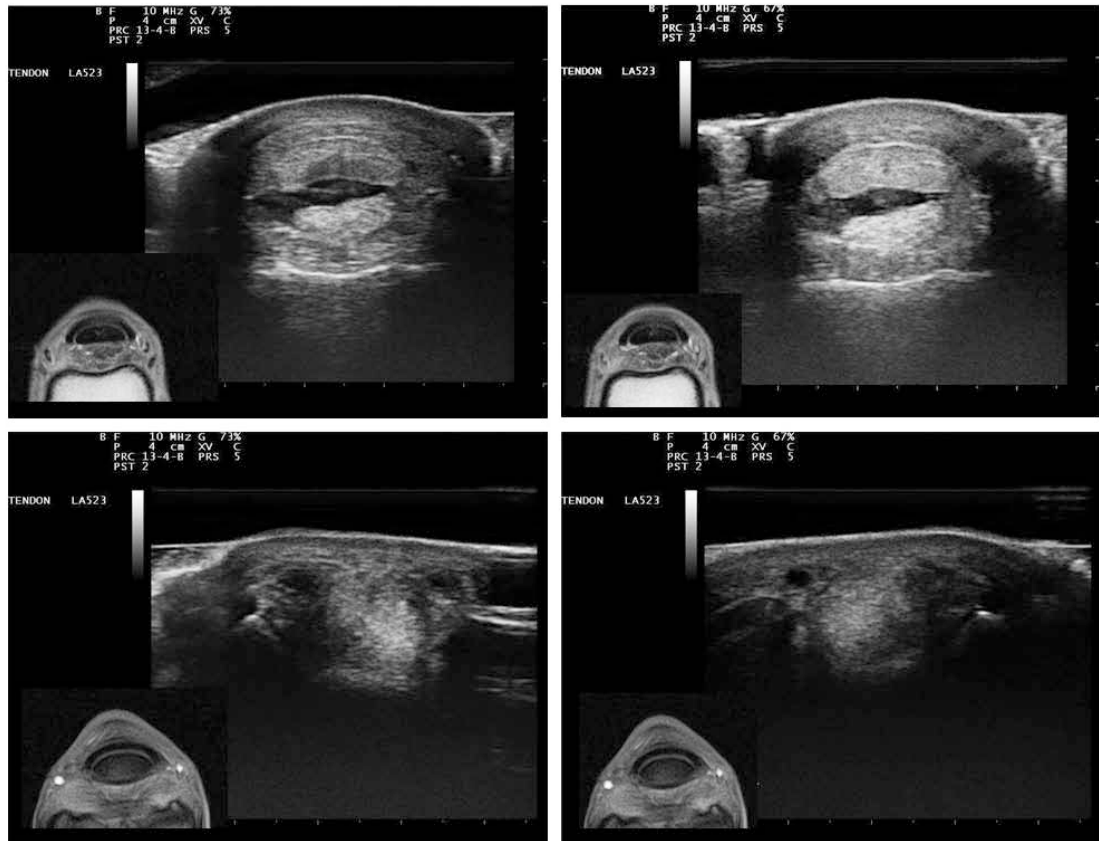


Figura 80. Imágenes ecográficas a nivel medio que se corresponden con los esquemas 1,2,3,4 de la plantilla incluida en la figura 23, con las imágenes de resonancia (incorporadas en el ángulo inferior izquierdo) realizadas en el mismo animal.

Figura 80

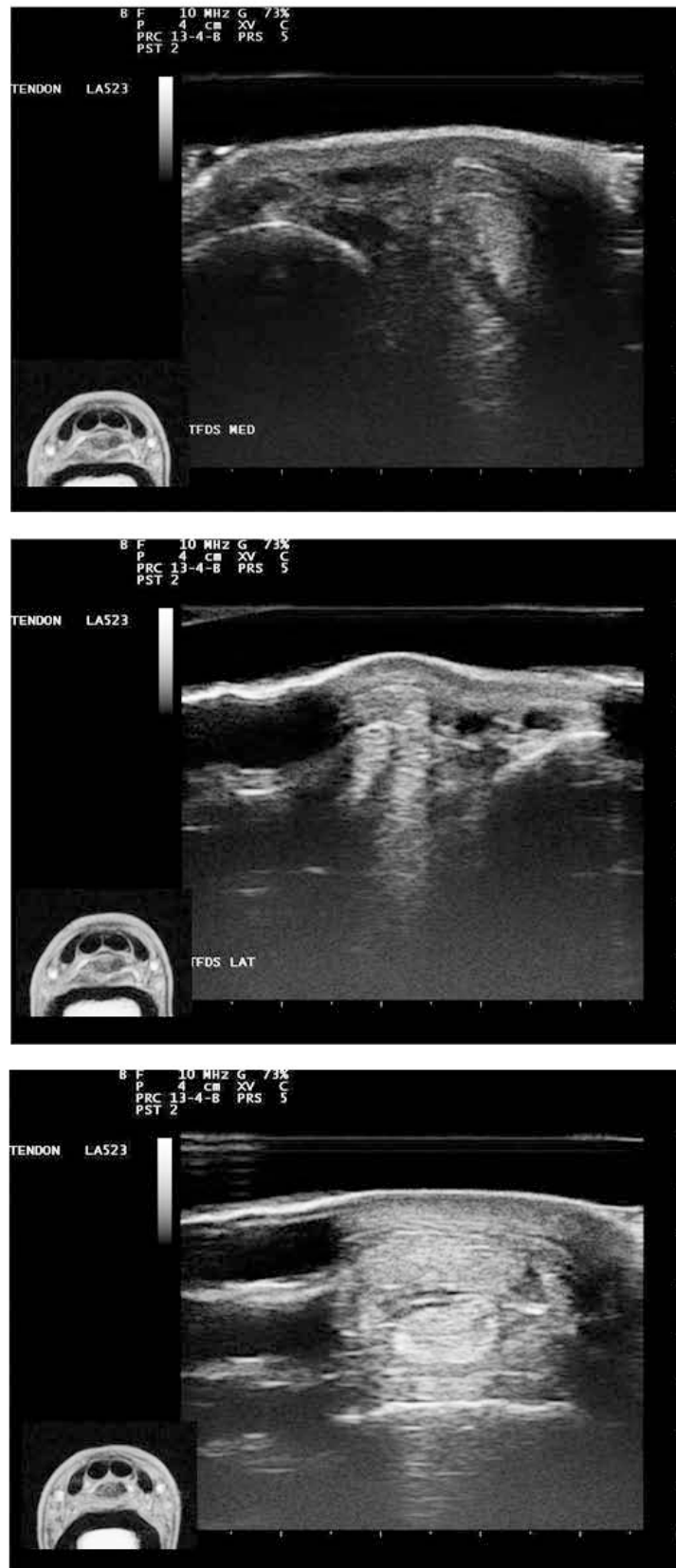


Figura 81. Imágenes ecográficas a nivel distal que se corresponden con los esquemas 8,9,10 de la plantilla incluida en la figura 23, con las imágenes de resonancia (incorporadas en el ángulo inferior izquierdo) realizadas en el mismo animal.

Figura 81

